LA DIALECTICA Y LOS METODOS CIENTIFICOS GENERALES DE INVESTIGACION

Instituto de Filosofia
Academia de Ciencias de la URSS
Departamento de Filosofia
Academia de Ciencias de Cuba

TOMO 2

FILOSOFIA

EDITORIAL DE CIENCIAS SOCIALES, LA HABANA, 1985

Versión al español de los textos en ruso: Félix de la Uz.

DISEÑO: Armando Millares Blanco.

© Academia de Ciencias de la URSS,
Academia de Ciencias de Cuba, 1985
© Sobre la presente edición:
Editorial de Ciencias Sociales, 1985

Estimado lector, le estaremos muy agradecidos si nos hace llegar su opinión, por escrito, acerca de este libro y de nuestras ediciones.

Editorial de Ciencias Sociales, calle 14 Nº 4104,
Playa, Ciudad de La Habana, Cuba.

ÍNDICE

Capítulo VIII. El enfoque sistémico y el método estructural en la ciencia contemporánea 1

1. Génesis de las ideas sistémicas 3
2. Las ideas sistémicas en la filosofía 14
3. El enfoque sistémico y el método estructural en las ciencias particulares 40

Las ideas sistémicas y el concepto de estructura en la matemática 43

Las ideas sistémicas en la biología 55

El enfoque sistémico y el método estructural en la lingüística 74

El enfoque sistémico y la antropología estructural 84

El enfoque sistemo-estructural y su aplicación al análisis del proceso histórico 102

4. Del enfoque sistémico a la teoría general de los sistemas 113
5. Los principios y los conceptos básicos de la teoría de los sistemas 143
6. La totalidad; el todo y la parte 170
7. Clasificación de los sistemas 178

Notas 186

Capítulo IX. El enfoque informativo en la investigación científica 203

1. Establecimiento y desarrollo del enfoque informativo 208
2. El enfoque informativo en la cibernética 215
3. La categoría de reflejo, fundamento metodológico del enfoque informativo 224
4. Información, reflejo, diversidad 230
Notas 239

Capítulo X. Los métodos cibernéticos en la ciencia 243
1. El enfoque funcional en el sistema del saber científico 245
El aspecto funcional de las investigaciones científicas 246
Carácter general de los métodos cibernéticos .. 253
Peculiaridades del enfoque funcional 258
La cibernetización del saber y el enfoque funcional 265
2. Algoritmo y método de algoritmización 269
Los niveles del concepto "algoritmo" 270
Lenguajes algorítmicos 275
Los lenguajes de programación y los lenguajes naturales 285
La algoritmización y el factor humano 290
3. Los medios y la lógica de la toma de decisiones 295
Los medios para la toma de decisiones y la teoría de la actividad 298
Aspecto lógico de los métodos de toma de decisiones 311
4. Acerca de los métodos de la teoría del servicio masivo 327

Principales rasgos de la teoría 327
Flujo de entrada de las solicitudes 331
Sistemas con cola 336
Servicio con limitaciones 342
Sobre algunas tareas no resueltas de la TSM .. 347

5. Los métodos del reconocimiento automático de imágenes 351
El status científico general de los métodos de reconocimiento 351
Principales conceptos, tareas y métodos de la teoría del reconocimiento automático 357
Sobre las tendencias de desarrollo de los métodos de la teoría del reconocimiento automático 364
Notas 369

Capítulo XI. El método semiótico en la ciencia 375
1. El método de investigación semiótica 377
2. Problemas del análisis semiótico del lenguaje de la ciencia 382
3. Carácter científico general de los métodos de la semiótica 402
Notas 415

Capítulo XII. La interrelación entre los métodos y los enfoques científicos generales del conocimiento 419
Notas 440

Capítulo XIII. El método dialéctico-materialista y los métodos científicos generales 443
Notas 462

Bibliografía general 465

CAPÍTULO VIII

EL ENFOQUE SISTÉMICO Y EL MÉTODO ESTRUCTURAL EN LA CIENCIA CONTEMPORÁNEA

1. GÉNESIS DE LAS IDEAS SISTÉMICAS

Uno de los rasgos más significativos que caracterizan el desarrollo del pensamiento teórico contemporáneo es, sin ningún genero de dudas, el intento de aplicar en todo tipo de investigación "criterios sistémicos" y la utilización de un gran número de conceptos que pueden definirse genéricamente con el nombre de conceptos sistémicos. Estos conceptos que, en los primeros capítulos de este libro, han sido definidos como conceptos científicos generales, a pesar de su amplia utilización, no han llegado a constituir un sistema conceptual riguroso. La falta de precisión en las definiciones se complementa con su amplia utilización intuitiva en diversas ramas del saber y la acción práctica. Lamentablemente, la aplicación del enfoque sistémico y los métodos a nivel intuitivo se ha basado, por regla general, en la interpretación que dichos conceptos han recibido en el lenguaje común.

Esto explica el hecho, ya evidente, de la poca efectividad de dichos métodos, su escaso valor heurístico. Por ello, cuando hace algunos años se lanzaron al mercado de las ideas los conceptos de "sistema", "estructura", "niveles estructurales", etcétera, y los autores de diccionarios y enciclopedias se apresuraron a buscar la forma de introducir el término "estructuralismo" y complementar la palabra "teoría" con el término "teoría general de los sistemas", sólo una minoría de investigadores tenía conocimiento del verdadero alcance y contenido de dichos términos, de las dificultades que había que superar para lograr establecer su verdadero lugar en el sistema conceptual de la ciencia. Pero, para aquellos que se dejaron cautivar por las promesas de la moda, este nuevo "ismo" —aún no muy claro por su contenido— prometía mucho: mayor rigurosidad en las ciencias naturales y perspectivas inespera-

das para las ciencias sociales; y lo que es más importante, permitiría superar en estas últimas el "dogmatismo" de los métodos historicistas y el "subjetivismo ideológico" del materialismo histórico, proclamado por los enemigos teóricos del marxismo, desde el idealismo teológico hasta el "materialismo" pseudomarxista del revisionismo contemporáneo. Por fin se habían logrado métodos y una teoría tales, que permitirían convertir a las ciencias sociales en "verdaderas ciencias", las que resolverían sus problemas con métodos tan exactos y precisos como los empleados en las ciencias naturales.[1]

Si tales métodos podían ofrecer un carácter verdaderamente universal, era perfectamente lícito creer que su generalización teórica se convirtiera, en un momento determinado, en una nueva teoría científica o en una doctrina filosófica, o sea, que originase una filosofía estructuralista. Como sabemos, el surgimiento de esta filosofía fue anunciado a los cuatro vientos, dando origen a la moda que durante cierto tiempo alimentó las esperanzas de la ideología burguesa, en el sentido de que se había logrado una doctrina filosófica o encontrado nuevos métodos capaces de contrarrestar el impacto que, en el desarrollo de las ciencias, había logrado el materialismo dialéctico.

La primera "víctima" de estas falsas ilusiones fue el propio método estructural, ya que cuando un elemento del desarrollo científico es extraído del sistema que lo engendra y en el cual cumple una función definida, simultáneamente suelen ocurrir cosas, a primera vista inexplicables, pero, en esencia, muy simples y comprensibles, debido a la insistencia con que en la historia de la ciencia se repiten los mismos estereotipos: la contraposición de lo particular a lo general, de la parte al todo; la absolutización y la creación de nuevos métodos generales basados en esa absolutización; la avalancha de interpretaciones incorrectas de esos nuevos elementos del desarrollo de la ciencia que pretenden, en la esfera de la teoría pura, mejorar, superar y corregir el pensamiento de los autores de determinadas teorías o métodos científicos particulares, atribuyéndoles conclusiones e ideas que no se derivan de tales teorías; y, por último, la transposición acrítica de estas ideas y métodos a otras ramas del saber.

Cuando decimos que el método estructural fue la primera "víctima" de la filosofía estructuralista, tenemos también que tener presente el hecho innegable de que, en determinado momento, los críticos del estructuralismo, y entre ellos no pocos

marxistas, identificaron dicho método con esta "filosofía", con ciertas consecuencias negativas conocidas de todos, pero que, en el momento actual, ya están casi superadas, por lo menos en la filosofía marxista.

Otro factor más que contribuyó a que las teorías científicas basadas en el método estructural se convirtiesen en el manjar preferido de la "moda", fue la desvinculación de la categoría de "estructura" —concepto básico que define a este método—, de otros métodos y categorías con los cuales se encuentra estrechamente vinculada y que, además, sin los cuales es difícil comprender el significado y el funcionamiento del método estructural dentro de las direcciones fundamentales por las que en la actualidad se desarrolla el conocimiento científico. Nos referimos, en primer término, al método dialéctico materialista y, en segundo, al enfoque sistémico.

Esta importancia no se debe, naturalmente, ni al capricho de la moda ni a los esfuerzos de los "estructuralistas", sino a profundas causas arraigadas en el propio proceso objetivo del desarrollo de la ciencia y la técnica, a la etapa actual del desarrollo y transformación revolucionarios de la sociedad.

Los procesos de integración que hoy abarcan no sólo la esfera del saber científico, sino la propia dialéctica del desarrollo social, desde su aspecto socioeconómico hasta el ecológico, son los que determinan el marcado interés por el enfoque sistémico y los métodos que de una u otra forma se vinculan a las ideas sistémicas.

Estos métodos, que registran un rápido desarrollo desde fines del siglo pasado, de manera independiente en diferentes ramas del conocimiento científico, tuvieron desde sus inicios una base común, o mejor dicho, un interés común: superar la crisis que se había originado en la metodología de la investigación científica ante la imposibilidad del aparato conceptual de la ciencia clásica —y también en sus métodos— de reflejar, describir o interpretar adecuadamente los nuevos resultados obtenidos por la investigación científica en las diferentes ramas de las ciencias naturales y sociales.

El surgimiento de estos nuevos principios y métodos del conocimiento ha estado, por tanto, vinculado a la crítica de las deficiencias de los métodos vigentes y a la necesidad de elaborar principios de construcción lógica de las teorías científicas.

En lo que a métodos se refiere, el *elementalista* y el *mecanicista* fueron los de mayor arraigo en las ciencias del siglo

pasado y comienzos del presente, predominando un "estilo de pensamiento" basado en el criterio de que toda teoría científica debía caracterizarse por un sistema de leyes de "rígida determinación", y que el método analítico permitiría descubrir los "elementos" que llevarían a un conocimiento verdadero del *todo*.

El análisis de algunas de las características fundamentales de esos métodos y ese estilo de pensamiento, que representan una etapa histórica del desarrollo científico al cumplir una función cognoscitiva determinada, nos permitirá comprender mucho mejor las causas que motivaron el surgimiento del enfoque sistémico, tal como nos proponemos analizarlo en el presente trabajo.

El método *elementalista* cuenta con una larga y fecunda historia. Su surgimiento se produce en las etapas iniciales del desarrollo de la ciencia, y en él queda plasmada la convicción de que el conocimiento de cualquier fenómeno implica la búsqueda y el establecimiento de los elementos primarios, de los datos básicos que constituyen y determinan dicho fenómeno, pues sólo en el análisis de éstos se pueden encontrar las características fundamentales del objeto en su totalidad.

Para este método, el problema de la integridad de lo complejo se resuelve con la reducción de lo complejo a lo simple, del todo a la parte; de aquí que este método haya recibido la denominación de "método reduccionista". Las dificultades derivadas del hecho de que no siempre fuese posible establecer estos "ladrillos" iniciales de los diferentes fenómenos, era interpretada como el resultado de las debilidades propias del conocimiento humano, o bien como deficiencias provenientes de los métodos empleados para esa búsqueda.

La realidad ontológica de estos "elementos" no se ponía en duda; y esta convicción, a la par que estimuló una profunda investigación de la composición "elemental" o "elementalística" de los fenómenos, creó una visión unilateral de éstos y, en general, del universo, proyectando el potencial de investigación de la ciencia por canales muy estrechos. Esto tuvo lugar en la física, en la biología, en la psicología, etcétera, ciencias en las que la búsqueda de ese elemento básico fue durante mucho tiempo una de las tareas centrales de los investigadores.

Es necesario, no obstante, hacer justicia al citado método, no sólo reconociendo que gran parte de los descubrimientos de la ciencia se han llevado a cabo con su concurso, sino com-

prendiendo también las causas objetivas que lo determinaron, entre las que se pueden destacar las siguientes:

1. El hecho evidente de que la forma más asequible de abordar el estudio de un objeto complejo consiste, precisamente, en la descomposición de sus partes integrantes, en el estudio por separado de estas partes, con el fin de emprender luego su síntesis y descubrir las leyes que vinculan estas partes de un todo.

2. La descomposición de todos los objetos sometidos al estudio de la ciencia permite —o al menos crea la ilusión— que en un determinado momento se pueden encontrar los elementos comunes a fenómenos diferentes, no sólo en los marcos de una misma ciencia, sino en objetos de diferentes ciencias. Por ejemplo, el descubrimiento de las leyes dinámicas en la mecánica clásica y su manifestación en diferentes esferas de la realidad, llevó a la elaboración de un modelo de ley científica que se consideró vigente o lícito para toda la esfera del mundo objetivo y que, en su aplicación inicial, dio sin duda un impulso positivo a numerosas ciencias. (El reduccionismo en la esfera de las leyes.)

3. El hecho, también real, de que en cierta medida y a pesar de los cambios ocurridos en la ciencia, este método no ha agotado aún sus posibilidades y sigue cumpliendo una determinada función cognoscitiva, en cooperación con los nuevos métodos.

Un ejemplo muy significativo de esto ha sido el surgimiento de la cibernética, determinado en parte por una ampliación del aparato conceptual del elementalismo clásico: el descubrimiento de que la "información" era un elemento común a todos los fenómenos de rango similar a los conceptos de "sustancia" y "energía", antes fundamentales para la "ciencia clásica".

El método *mecanicista* se identifica en muchos aspectos con el anterior, y en esencia está basado en un mismo estilo de pensamiento científico, pero centra su atención en la búsqueda de un principio único de vinculación de los elementos y reconoce sólo un tipo de relaciones de causa y efecto: aquellas que se caracterizan por la univalencia de los vínculos y la equivalencia de los parámetros.

En el siglo pasado, el método mecanicista adquirió gran influencia al vincularse estrechamente con las ciencias físico-matemáticas. Como sabemos, fue precisamente la mecánica clásica la primera teoría científico-natural que pudo formular sus leyes fundamentales en el lenguaje riguroso de las matemáticas; y la que, durante cierto período, se consideró como el modelo de ciencia por la precisión de sus conclusiones teóricas, de las que, de hecho, quedaron eliminados todos aquellos tipos de vínculos que no respondían a los criterios de rigurosidad.[2]

Naturalmente, estos dos métodos no fueron los únicos; todos conocemos la constante polémica y, a veces, la enconada lucha que tuvo lugar en la ciencia entre estos dos métodos y la concepción integralista, que negaba la posibilidad del reduccionismo, e indicaba, no sin razón, que el "todo" posee cualidades que no se presentan en ninguna de sus partes. Este método desempeñó un papel positivo en la historia de la ciencia, pero lamentablemente ha estado vinculado con mucha frecuencia a concepciones filosóficas de signo idealista, que lo han orientado hacia la búsqueda de las particularidades específicas del todo en la esfera de lo irracional y sobrenatural. Nos referimos, en primer término, al organicismo de fines del siglo pasado.

Una de las causas que determinaron la búsqueda, o la elaboración de nuevos métodos, fue el casi agotamiento de las posibilidades heurísticas de aquellos métodos y, por otra parte, las exigencias de la ciencia y de la técnica que, a cada paso práctico, se encontraban con fenómenos y objetos cuya característica fundamental era su carácter sistémico.

Es necesario tener presente que la búsqueda de nuevos métodos de investigación científica y el surgimiento de los nuevos métodos científicos generales están condicionados por dos factores de singular importancia, que guardan entre sí una profunda interrelación:

a) El surgimiento y desarrollo del método dialéctico materialista y la elaboración por Marx de los marcos de este método, de los principios básicos del enfoque sistémico —al analizar la estructura económica de la sociedad capitalista y la sociedad humana como un sistema complejo de relaciones—, y el desarrollo posterior, gracias al marxismo, de los principios gnoseológicos y metodológicos de análisis de estos sistemas.

b) El cambio de estilo del pensamiento científico, que se caracteriza por la sustitución de los esquemas de determinación rígida por ideas y métodos basados en criterios dialéctico-materialistas de causación, lo cual ha permitido incluir la casualidad en la estructura de los sistemas teóricos. En las ciencias naturales el nuevo estilo de pensamiento se basa en la interpretación dialéctica de la teoría de la probabilidad y en la utilización de los métodos estadísticos.[3]

Es bien conocido el papel que desempeña el materialismo dialéctico en la historia de la ciencia, y la función metodológica que cumple en la actualidad. Las múltiples investigaciones realizadas en esta materia muestran convincentemente que el hecho de que la dialéctica materialista sea el fundamento metodológico de la ciencia contemporánea, no significa que ésta sustituya a los métodos particulares o científicos generales, haciendo innecesaria la búsqueda de nuevos métodos y procedimientos de investigación científica. La existencia de esos métodos es un hecho y una necesidad que enriquece las posibilidades de la dialéctica, pero no se pueden contraponer a ésta debido a que la metodología filosófica y los métodos científicos, tanto generales como particulares, se refieren a niveles diferentes de la realidad.

El surgimiento del marxismo y la génesis del método dialéctico no fue un fenómeno realizado en la esfera del "pensamiento puro", sino que correspondió plenamente a exigencias prácticas, y a la necesidad de generalizar una etapa del desarrollo de la ciencia y elaborar una teoría científica de la sociedad, su desenvolvimiento y funcionamiento.

El capital de Marx es, posiblemente, el ejemplo más significativo de cómo se debe emprender el análisis de un sistema dinámico complejo y de cómo en ese análisis se ha de abordar metodológicamente la relación dialéctica entre los elementos y la estructura del sistema y entre su historia y su funcionamiento. En el estudio que Marx hace de la *mercancía*, de hecho elabora un concepto nuevo de "elemento", que supera las limitaciones metafísicas que ese concepto presentaba en el método elementalista. Y en *El capital* se elabora también, con todo detalle, uno de los métodos fundamentales de la ciencia contemporánea: el método del paso *de lo abstracto a lo concreto* —que, a nuestro modo de ver, es básico para la comprensión y aplicación correcta del método o enfoque sistémico—, así como los métodos estructural y funcional. Fue precisamen-

te el marxismo el que analizó y señaló, en el plano teórico, las deficiencias de los métodos de investigación científica de la época clásica. La *Dialéctica de la naturaleza,* el *Anti-Dühring* y *Materialismo y empiriocriticismo* son los ejemplos más elocuentes de ello.

Todo lo que hasta aquí hemos señalado, es lo que determina el rumbo y las peculiaridades que en la actualidad presenta el proceso de elaboración de nuevos métodos científicos; y en este sentido se puede afirmar que, si en el desarrollo de la ciencia la aplicación concreta de métodos y procedimientos de investigación a veces se adelanta a la generalización teórica de estos métodos, por otra parte la generalización se realiza con frecuencia cuando aún no es suficientemente evidente cómo y en qué medida un método científico general se debe aplicar en una y otra esfera del conocimiento científico. Es en este sentido que se debe interpretar la afirmación hecha en la "Introducción" del presente trabajo, de que los métodos científicos generales, y en particular el enfoque sistémico, se manifiestan en ciertas esferas del saber no en una forma actual, no como un medio cognoscitivo listo para su utilización, sino como una tendencia en el desarrollo del conocimiento científico.

En lo que a las ideas sistémicas se refiere, es necesario tener presente que, a pesar del marcado interés de los investigadores por lograr una síntesis teórica, ésta aún no se ha logrado; y ello se debe, según nuestra opinión, al hecho de que las generalizaciones se han realizado, o desde una base experimental limitada y en esferas muy particulares del saber, o desde posiciones filosóficas incorrectas.

Esto, que es característico para todos los métodos científicos generales, lo es en mayor medida para el enfoque sistémico o el método de los métodos estructurales en la ciencia contemporánea; y, en primer lugar, se hace extensivo a los intentos de elaborar una "teoría general de los sistemas".

Hoy se discute, no sólo el alcance y la necesidad de estos métodos, sino también todo lo relacionado con el sistema conceptual por ellos utilizado y, especialmente, el contenido de los conceptos básicos que caracterizan el enfoque sistémico.[4]

Ahora bien, como decíamos, por el momento aún no se ha llegado a un resultado definitivo. Los problemas por solucionar son posiblemente más que los ya resueltos, aunque sin duda se ha avanzado; dentro de las múltiples soluciones ofre-

cidas ya se perfilan posibles direcciones de desarrollo que prometen resultados mejores que los obtenidos hasta el momento. En este estudio, se ha prestado singular atención al proceso de génesis de estos nuevos métodos y, especialmente, al surgimiento de los conceptos científicos generales que sirven de base a éstos.

El surgimiento de los conceptos y métodos sistémicos es un hecho reconocido hoy día por la inmensa mayoría de los científicos. Este estudio ocupa un lugar especial en la temática de la historia de la ciencia, y es objeto de un análisis profundo por parte de la filosofía marxista-leninista. Es evidente que la universalidad de los nuevos conceptos, el hecho de que tengan un indudable valor cognoscitivo en todas las esferas del saber, plantea ante la filosofía una serie de interrogantes que exigen un estudio especial.

En más de una ocasión, esta universalidad ha motivado diversos intentos por considerar estos conceptos como categorías filosóficas, a fin de fundamentar en ellas determinadas doctrinas de carácter filosófico. Un ejemplo reciente de esto lo encontramos en las concepciones estructuralistas, que ya hemos mencionado; en el alcance y significado que se han querido adjudicar algunas teorías sistémicas.

Los errores teóricos y metodológicos que motivaron la fiebre estructuralista son ya bien conocidos, y es del conocimiento general que gran parte del "prestigio" del *estructuralismo* se debía o a generalizaciones ilegítimas de resultados logrados en esferas muy particulares de la realidad, o al prestigio de ciertos hombres de ciencias identificados con los criterios estructuralistas, como C. Lévi-Strauss, M. Foucault, J. Monod y otros.

Es un hecho evidente que las ideas sistémicas y los *conceptos* sistémicos surgieron inicialmente en determinadas ciencias particulares, las que, dicho de una forma vulgar y simple, "los generan" en mayor o menor grado. Este fenómeno es característico para todo el conjunto de conceptos y métodos científicos generales.

Uno de los ejemplos más significativos de la ciencia como generadora de tales conceptos, ya planteado en capítulos anteriores, ha sido la matemática. Es bien conocido que un gran número de conceptos de esta ciencia, que sintetizan las características cuantitativo-formales y topológicas de los fenómenos reales, han logrado no sólo un grado de generalidad muy

amplio, sino que abarcan esferas de la realidad cada día más extensas.

Antes de alcanzar esta categoría, algunos conceptos científicos generales han tenido un largo recorrido histórico, siendo en diferentes etapas elementos del patrimonio conceptual de diversas ciencias. Así ocurrió con el concepto de "información", cuya cuna la encontramos en las ciencias sociales, pero que alcanza su cualidad de concepto científico general sólo después de su incorporación a la cibernética, donde logra un contenido nuevo y una aplicación universal y rebasa también los límites de esta ciencia. Hoy la información ya no puede examinarse como un concepto exclusivamente cibernético; estamos presenciando el surgimiento de la "informática" como una ciencia con características propias. Los conceptos científicos generales cumplen en la ciencia una importante función en calidad de eslabón intermedio entre lo particular y lo universal, o sea, entre las ciencias particulares y la filosofía, "ciencia general", según la definición de Kedrov.

Como ya hemos señalado,[5] el problema de la interacción de los conceptos científicos generales y los filosóficos es, sin duda, un problema complejo, pero es evidente que dichos conceptos, y los métodos del conocimiento científico que a ellos se vinculan, mantienen siempre cierta relación con las categorías de la dialéctica y con sus métodos. Por ejemplo, el enfoque sistémico estructural está indisolublemente vinculado con las categorías de forma y contenido, de parte y todo, de relación, cualidad y cosa, etcétera. Esta relación implica una actitud metodológica que presupone la imposibilidad de prescindir de la filosofía en la interpretación y análisis de los conceptos, ideas y métodos sistémicos. Aún más, sólo la filosofía marxista, o sea, la única metodología científica posible, es la que puede establecer las funciones básicas del enfoque sistémico en el proceso cognoscitivo y, al mismo tiempo, determinar el lugar y el alcance de los métodos sistemo-estructurales. Por metodología, en el sentido amplio del término, entendemos la teoría sobre los métodos de la ciencia, y esta teoría científica es la dialéctica materialista.[6]

La relación entre el enfoque sistémico y la filosofía plantea ante esta última, en términos nuevos y apremiantes, una vieja cuestión, siempre presente ante el filósofo y ampliamente tratada en la literatura marxista de estos últimos años: el problema del desarrollo y enriquecimiento del patrimonio con-

ceptual de la dialéctica materialista y de los criterios que se deben seguir para incorporar un determinado concepto científico o científico general al sistema conceptual de la dialéctica.

Durante los últimos años, este problema ha atraído cada vez más la atención de los investigadores, convirtiéndose en uno de los problemas de mayor actualidad, tanto para la comprensión correcta del proceso del conocimiento científico y sus mecanismos internos, como para el análisis de los procesos de integración de la ciencia en nuestros días.

Es necesario señalar que, hasta el momento, no se ha logrado una posición común con respecto a la interrelación de los tres tipos de conceptos: los científicos particulares, los científicos generales y las categorías de la filosofía, ni en lo que se refiere a la propia clasificación de éstos. Es cierto que, en la actualidad, el *status* de los conceptos científicos generales tiene ya una aceptación muy amplia, pero existen divergencias con respecto a la ubicación concreta de ciertos conceptos científicos generales fundamentales y, en primer término, con relación al concepto de "sistema".

Según algunos investigadores, el concepto de "sistema" es el concepto fundamental de la *teoría general de los sistemas*, vista ésta como una teoría particular; y el concepto de "información", es un concepto de la informática, etcétera. Para otros, todos estos conceptos se deben situar en los marcos de la cibernética, considerada como una ciencia sintética de mayor generalidad que las mencionadas.

Existe también la opinión, cada día más divulgada, de que los conceptos sistémicos y, en primer término, los conceptos de sistema, estructura y elemento, han logrado ya el *status* de categorías filosóficas. Entre los autores que en uno u otro grado comparten estas ideas, se puede mencionar a L. N. Suvorov, V. S. Tiujtin, B. Novik, A. N. Averianov y otros.[7]

Según lo subrayado tanto en la "Introducción" como en los primeros capítulos del presente trabajo, los conceptos sistémicos, al igual que todos los conceptos científicos generales y las categorías filosóficas, tienen ciertas características comunes que los diferencian de los conceptos de las ciencias particulares: un grado mayor de generalidad con respecto a la esfera de su aplicación y el hecho de que expresan formas de vínculos y propiedades de los objetos y fenómenos. Pero, como acertadamente han señalado muchos investigadores, esto no es

suficiente para llegar a la conclusión de que ciertos conceptos científicos generales reflejan la realidad a nivel filosófico, y ya se han transformado en categorías filosóficas. No es que se niegue la posibilidad de este paso; sencillamente, se trata de establecer con la mayor rigurosidad posible las características de los diferentes tipos de conceptos y las formas de su desarrollo.[8]

El enfoque sistémico, así como sus métodos y conceptos, se aplican a una realidad distinta de la filosófica y se diferencian del enfoque filosófico y las categorías filosóficas que tienen como fin u objeto lograr una visión multifacética de la relación entre la materia y la conciencia, entre lo objetivo y lo subjetivo, entendida esta relación en un sentido amplio que incluye desde los problemas de la teoría del reflejo, hasta la relación del hombre con el medio natural y social que lo rodea. En una palabra, para que un método o concepto pueda considerarse filosófico es imprescindible que su utilización o función sea absolutamente necesaria para la solución, profundización o descripción de la cuestión fundamental de la filosofía, y tenga, además, un valor gnoseológico universal. Es suficiente recordar algunos de los conceptos o categorías filosóficos básicos, tales como materia, movimiento, causa, efecto y esencia, para evocar este contenido.

Según nuestro criterio, los conceptos sistémicos: sistema, estructura, elemento, nivel estructural, etcétera, no cumplen aún estos requisitos.

Es cierto que la interrelación entre los diferentes tipos de conceptos tiene, como ya se ha señalado, un carácter dinámico, y que, en la actualidad, debido al carácter integrativo del proceso de desarrollo de la ciencia y a la transformación de ésta en una fuerza productiva directa, tiene lugar una ampliación del contenido de los conceptos sistémicos, científicos generales. Pero, si conceptos tales como sistema y estructura se han acercado efectivamente, en el plano ontológico, a las categorías filosóficas, aún no lo han logrado en lo que se refiere a su universalidad lógico-gnoseológica.

2. LAS IDEAS SISTÉMICAS EN LA FILOSOFÍA

El enfoque sistémico y los métodos que nosotros nos hemos propuesto estudiar en el presente capítulo, a pesar de que sólo

a principios de este siglo se han empezado a considerar en su carácter científico general, tienen una larga y compleja historia tanto en las ciencias particulares como en la filosofía. Esto se refiere especialmente al concepto "sistema", el cual, sin llegar a alcanzar el grado de categoría filosófica, logró en el siglo pasado, y, posiblemente, ya a fines del XVIII, una gran generalidad. Es importante señalar que este hecho, que exige un estudio especial, no lo han tenido presente con suficiente rigurosidad ni los historiadores del "enfoque sistémico", ni los artífices de las *teorías generales de los sistemas* contemporáneas. Como ya se ha señalado, el concepto de sistema logra su *status* actual, o sea, se convierte en un concepto científico general, gracias a los "esfuerzos" de una serie de ciencias particulares fundamentales, tales como la matemática y la biología; y también gracias a su función en las ciencias técnicas, al surgimiento de tecno-sistemas y al desarrollo de la cibernética; pero, esencialmente, debido al desarrollo de las ideas de los clásicos del marxismo sobre los sistemas sociales.

En la filosofía la idea de sistema surge simultáneamente con la propia filosofía, a pesar de que en las etapas iniciales apareciera con otros nombres. "El todo", "lo uno", "la armonía", etcétera, son conceptos aún muy generales que no ofrecen un contenido concreto bien definido, y se introducen con frecuencia en forma intuitiva y apriorística.

Si fuéramos a buscar antecedentes o ideas que por su parecido nos sugirieran los conceptos básicos actualmente utilizados por el enfoque sistémico, los encontraríamos en la antigua filosofía griega. Teorías semejantes, en cuanto a la subordinación de los subsistemas al supersistema, están en germen en la idea de "cosmos" como un todo organizado, y en la creencia en una ley superior que tiende hacia el equilibrio de todo lo real y que era concebida como justicia, como ley divina o armonía de elementos, o bien como el destino que hace desempeñar el papel de partes a los hombres en el escenario de la vida. Esta ley tiene su expresión en el *logos* heracliteano, así como en la teoría de Pitágoras, para quien los números constituyen los principios sobre los cuales se basa toda existencia real. Podríamos encontrar también en ciernes la descripción del mundo como sistema, compuesto de elementos simples que se combinan de acuerdo con leyes en la teoría de los elementos de Empédocles. Lo mismo se puede decir de preceptos de la medicina antigua que concebían el organismo sano como el equi-

librio de los elementos que lo integran, y a la enfermedad, como la ruptura de ese equilibrio por exceso en la entrada o salida de elementos. Todo ello llevó al pensamiento antiguo a la convicción de la existencia de un punto común y a la idea de una legalidad valedera en todos los campos de aquello que permanece a través de los cambios y transformaciones: *la invariancia.* En una palabra, ya en esta etapa encontramos antecedentes de los más sofisticados conceptos actuales de isomorfismo, homomorfismo, modelo, sistema, sistema formal, estructura, etcétera. No obstante, sólo en la filosofía de la época moderna y esencialmente en la filosofía materialista, que logra definir en términos concretos la unidad sistémica de la naturaleza, el concepto de sistema adquiere un contenido propio, relativamente bien definido y concreto, conjugándose con los conceptos de sustancia material y movimiento.

En la filosofía materialista de los siglos XVII y XVIII el concepto sistema reincluye en su definición el problema del todo y las partes, la forma de integración de éstas en ese todo, los tipos de vínculos que hacen posible esta unión a partir de los criterios materialistas básicos de sus teorías. B. Spinoza posiblemente debe ser considerado como uno de los precursores del "estilo de pensamiento" sistémico de signo materialista. En efecto, su doctrina sobre la sustancia y los atributos, y sobre la ordenación natural de todos los fenómenos, evoca una concepción sistémica de la realidad, mientras que el conjunto de las categorías que integran su doctrina tiene muchos puntos de coincidencia con la terminología de las teorías sistémicas de hoy. Este problema exige un estudio especial pero, según nuestra opinión, se deben evitar en su solución las analogías apresuradas y las conclusiones prematuras. Hasta el momento sólo conocemos un trabajo sobre el tema,[9] en el que se plantea la importancia que para la formación de las concepciones sistémicas, en la historia de la filosofía, tuvo el estudio de la sustancia y sus atributos, y cuál fue el papel de Spinoza, o mejor dicho, de sus ideas, pues Spinoza no planteó el problema con criterios sistémicos deliberados y ni siquiera utilizó en sus trabajos el concepto de sistema.

Fueron los filósofos materialistas franceses del siglo XVIII los que, ya en forma precisa, introdujeron en la filosofía, y en la ciencia en general, la temática sistémica y la terminología sistémica.

Hasta hace poco tiempo se había considerado que estos filósofos, no obstante, habían aportado poco a la solución de estos problemas debido a las limitaciones de las concepciones mecanicistas que predominan en sus doctrinas, por lo cual la relación entre las partes o elementos primarios se trataba exclusivamente dentro de una relación de ordenación, y el movimiento mecánico de éstos era el que a su vez determinaba, unilateralmente, las características del *todo*. Es efectivamente cierto que en el materialismo mecanicista del siglo XVIII existía una marcada tendencia a reducir el todo a la suma de las partes, lo complejo a lo simple, y los cambios cualitativos a los cuantitativos, de la misma manera que intentaba reducir todo movimiento al movimiento mecánico. Sin embargo, a pesar de esta tendencia general, no es menos evidente que estas limitaciones no tenían un carácter absoluto y que, en los marcos del materialismo de este período, fueron planteados importantes problemas científicos y se formularon valiosas ideas de carácter dialéctico. Entre estas cuestiones, un lugar importante lo ocupan los temas relacionados con el estudio de las propiedades sistémicas de la realidad material y del conocimiento.

Se puede afirmar que es la obra de P. D. Holbach *El sistema de la naturaleza* la que expone con mayor claridad y precisión los criterios sistémicos del materialismo francés, resumiendo los resultados del desarrollo del pensamiento científico de la época. Lamentablemente este tema ha sido poco estudiado, y sería prematuro formular conclusiones definitivas; sin embargo, el artículo de Z. V. Kaganova "La idea del sistema de la naturaleza en la filosofía de P. Holbach"[10] nos ofrece algunos anticipos importantes y prometedores de los posibles resultados de estudios futuros.

Según Kaganova, la idea básica de Holbach, al elaborar su obra, consiste en la demostración de la integridad sistémica de la naturaleza mediante el análisis sistémico de sus partes; al mismo tiempo, ofrece algunas definiciones básicas para el enfoque sistémico: sistema material, estructura, totalidad, unidad de composición y función, elementos materiales, organización, etcétera.

Como un factor muy importante de la doctrina de Holbach se debe considerar la aplicación del enfoque sistémico al estu-

dio del hombre, y la comprensión de éste, como un sistema de organización compleja. Kaganova expresa:

> Holbach, basándose en la doctrina del sistema de la naturaleza, intentó elaborar una teoría global filosófica del hombre que abarcara su esencia interna; la relación del hombre con la naturaleza como fundamento de su existencia; la interrelación de lo físico y lo espiritual en el hombre; las fuerzas que lo mueven. El enfoque sistémico es el principio metodológico general de esta doctrina que condiciona algunas de sus particularidades esenciales: la característica integral del hombre, el descubrimiento de la interrelación natural de todos los aspectos de la esencia única del hombre, su inclusión en el sistema general de la naturaleza.[11]

En la filosofía clásica alemana, el concepto filosófico de sistema adquiere nuevos rasgos, y algunas definiciones logran más precisión, pese a que el lastre idealista se hace sentir a cada paso y que las búsquedas de soluciones se limitan a la esfera del pensamiento, el cual, según estos filósofos, determina el carácter de lo real de modo tal, que los sistemas materiales son sólo el reflejo de una u otra propiedad del propio conocimiento.

Kant, al estudiar las peculiaridades del proceso cognoscitivo, no sólo nos ofrece una comprensión nueva del concepto de *sistema*, sino que establece los criterios de una elaboración teórica y una exposición de los sistemas, estableciendo para ello una distinción entre los conceptos de sistema y arquitectónica, éste último entendido como un arte. "Yo entiendo por arquitectónica —escribe Kant— el arte de la construcción de un sistema." La propiedad sistémica, según Kant, es precisamente la que permite transformar el saber común en ciencia, o sea, pasar de un conglomerado de conocimientos a un sistema científico de éstos. La arquitectónica es para este filósofo la doctrina sobre el aspecto científico de nuestros conocimientos en general, y, en consecuencia, forma necesariamente parte de la doctrina sobre el método.

> Por sistema —dice Kant a continuación— yo entiendo la unidad de la diversidad de conocimientos fusionados por una idea. Y la idea es un concepto de la razón sobre la forma de un todo, debido a que es ella la que *a priori*

determina el volumen de lo heterogéneo y la disposición de las partes entre sí.[12]

De esta manera, aunque referido a un todo ideal, a una reconstrucción de la realidad realizada por el pensamiento según principios *a priori*, Kant plantea que el carácter de las partes depende de la influencia decisiva del todo. O sea, rejuvenece en la filosofía moderna una idea expresada en tiempos lejanos por Aristóteles y Platón. Kant entiende por sistema algo así como la formación y la realización de un principio general que lleva implícito en sí las características de la estructura del todo. Es cierto que este principio es para él una idea, pero no hay que olvidar que Kant está hablando siempre del conocimiento. Dicha idea es para él la que "determina" el carácter sistémico de los objetos, tal como nos los presenta el pensamiento.

Se puede objetar que este sistema que Kant nos ofrece es sólo la expresión de la naturaleza de la razón especulativa pura, y que, por tanto, la idea de Kant que vamos a citar tiene, para el tema que estamos tratando, sólo un valor muy relativo:

> ...los medios que colaboran a lograr claridad —escribe Kant— ayudan a la comprensión de las *partes* separadas; pero con frecuencia la comprensión del *todo* impide al lector contemplarlo con prontitud, y sus colores demasiado intensos eclipsan y ocultan la articulación o la estructura del sistema; no obstante, es precisamente de la estructura del sistema que dependen fundamentalmente los juicios sobre una unidad y fundamento.[13]

Sin embargo, nosotros consideramos que este planteamiento es de gran actualidad y, posiblemente, si no hubiésemos previamente señalado a quien pertenecen estas palabras, fácilmente se hubiera podido pensar que pertenecen a alguno de los investigadores que hoy trabajan en la teoría de los sistemas.

El hecho de que Kant empleara los conceptos de sistema y estructura como dos conceptos estrechamente ligados entre sí, no es pura casualidad, sino una "concepción sistémica",

bien fundamentada. He aquí otro párrafo que refuerza esta opinión:

> ...en la verdadera estructura de la razón especulativa pura todo es órgano; o sea, el todo sirve a cada parte y cada parte al todo, de manera que el más mínimo defecto, sea un error o una omisión, inevitablemente se descubrirá al aplicarlo (al sistema en su integridad). Yo tengo la esperanza que el sistema mantendrá siempre esta integridad.[14]

Otra vez es importante señalar que Kant está hablando del sistema de ideas que integran el pensamiento filosófico, o sea, de un sistema lógico de categorías; que el problema que a él le preocupa es, no sólo la búsqueda de métodos de elaboración de este sistema, su organización, sino también la cuestión de la relación de dicho sistema con el contenido dialéctico de la realidad objetiva que refleja el modo de elaborar una teoría filosófica *objetiva* y, por tanto, según él, universal.

Nosotros sabemos que este objetivo fundamental Kant no lo logró. Es más, sabemos que el propio Kant no lo llegó a comprender, arribando a la conclusión de que tal teoría nunca podría ser creada debido, precisamente, al carácter dialéctico del propio pensamiento, que impide a los científicos expresar, en un sistema riguroso de conceptos científicos, el estado objetivo; y que, por tanto, no existían criterios rigurosos para determinar, en una confrontación de ideas, al lado de quién está la razón. Esta cuestión, naturalmente, se aparta algo del problema específico que estamos tratando, a pesar de estar estrechamente vinculado a él. Por ello, sólo queremos referirnos a una cita de E. V. Ilienkov que resume muy bien la posición de Kant al respecto:

> A su vez, la "dialéctica" kantiana no apuntaba ninguna salida, ningún camino para la solución de los conflictos de ideas. Ella simplemente hacía constar, en forma muy general, que el conflicto de ideas es un estado natural de la ciencia, y aconsejaba a los enemigos en la esfera de las ideas buscar en todo, de una u otra forma, el compromiso.[15]

Pero esto, como dijimos, se refiere al problema de la relación existente entre los sistemas teóricos y la realidad que

reflejan, y no al propio sistema en sí, el cual, según Kant, una vez aceptados los fundamentos de su constitución, la idea rectora y organizadora, se presenta como algo monolítico, consecuente y eficaz. Este planteamiento de Kant encontró serias objeciones, y ya los propios contemporáneos de este filósofo le advirtieron que ese *dualismo*, afirmado como un estado eterno de la cultura humana, tenía su origen en una falsa posición adoptada por él al elaborar el sistema categorial de su teoría (lógica). El primero que llamó la atención sobre el método incorrecto seguido por Kant en la elaboración de su sistema fue uno de sus antiguos discípulos, J. G. Fichte, quien declaró ilegítimo el sistema de Kant, o sea, la doctrina de éste sobre el pensamiento, por el hecho de que en dicho sistema, en calidad de piedra angular, se había colocado un concepto inadmisible en todo sistema teórico, el concepto "cosa" como existente antes y fuera de toda posible experiencia: *la cosa en sí*. Según Fichte, este concepto no responde a las exigencias más elementales que se derivan de un sistema que recurre en su desenvolvimiento a los juicios analíticos y que no puede, por tanto, aceptar en su seno un concepto que implica inevitablemente la violación de las reglas de la propia lógica. Así, Fichte señala que, si se siguen al pie de la letra los preceptos sistémicos elaborados por Kant, y que éste consideraba universales para toda la ciencia, se debe llegar a la conclusión de que tales principios no pueden ser aplicados a la lógica, y que, a su vez, todos los pensamientos elaborados como una teoría universal del pensamiento no tendrán ningún valor —o muy poco— para el pensamiento que refleja las cosas, es decir, para el pensamiento científico. En una palabra, el pensamiento sobre el pensamiento o la teoría del pensamiento —la lógica— y el pensamiento sobre las cosas, la teoría sobre las cosas —la ciencia—, resultan dos sistemas diferentes.

Kant no aceptó la crítica de Fichte, considerando acertadamente que las enmiendas que éste proponía para liberar el sistema kantiano de este dualismo conducirían inevitablemente a un resurgimiento de la vieja metafísica, la cual impondría sus esquemas de tal modo que haría imposible el paso de la lógica al mundo real. Fichte, sin tener en cuenta este peligro anunciado por Kant, inició la búsqueda de un sistema teórico único, o sea, válido, en la misma medida, para todas las formas de aplicación del pensamiento, recaiga éste sobre sí mismo o sobre las demás cosas.

La polémica que sobre estas cuestiones mantienen estos dos filósofos, ofrece cierto interés, precisamente, por plantearse en ella una serie de problemas que hoy nadie dudaría en denominar sistémicos. La discusión se centró en la cuestión: ¿había logrado Kant elaborar un sistema o no? Fichte afirmaba, apoyándose en lo expuesto, que lo hecho por Kant no era un sistema.[16] Kant, decía Fichte, sólo planteó el problema y elaboró una serie de importantes principios acerca de cómo elaborar tal sistema.

Kant no estuvo de acuerdo con esto, y menos con la afirmación de que su objetivo era ése; las pretensiones que le adjudicaba la idea de que él había querido ofrecer sólo una propedéutica para la filosofía trascendental y no el propio *sistema* de esta filosofía, le eran incomprensibles. Es lógico que en esta discusión surgiese como un problema central la cuestión: ¿qué es un sistema? ¿Cuáles son los principios que permiten distinguir un sistema de conceptos científicos de un simple conjunto de juicios?

Como sabemos, la dificultad básica surgida de esta polémica, que no permitió lograr entonces una definición aceptable, radicaba en el hecho de que ninguno de los dos tenía la razón, ya que no eran correctas las premisas iniciales de sus planteamientos y, en primer término, ni uno ni otro "acertaron" en la solución del problema de la relación existente entre las contradicciones dialécticas de la realidad y la forma en que éstas se reflejan en el pensamiento.

Kant, como ya hemos señalado, se basaba en una concepción dualista de esta relación. Su opositor Fichte elaboró un sistema monista de signo idealista a partir del cual llegó a la conclusión de que el verdadero sistema es aquel que supera las contradicciones encontradas por Kant; lo cual se logra en las interpretaciones fichteanas del objeto y su concepto, que no son, como en Kant, dos entes separados, sino dos formas de existencia de un mismo *yo*, o sea, de la conciencia individual. Este yo, primero genera con la fuerza de la imaginación cierto producto y, luego, lo examina como algo distinto a él, o sea, como un objeto del conocimiento, como el *no yo*. En una palabra, de esta forma Fichte, consecuentemente, elabora la idea de la identidad del objeto y su concepto, a partir de la cual crea su *doctrina general de la ciencia* que, según él, es *el sistema* universal, o la forma universal de expresar la realidad y el pensamiento. Para Fichte el sistema es

una creación del *yo*, el yo no sólo diferencia, "genera" los objetos, sino que puede, por esa misma función creadora, agruparlos de una u otra forma, dar a esa agrupación una unidad, una pauta de funcionamiento y un fin. Ese conjunto puede recibir un determinado nombre propio o puede denominarse, en forma más abstracta, *sistema*. Dicho sistema puede ser estudiado por el propio pensamiento, la autorreflexión descubre lo que el propio yo le otorgó al generarlo, en una palabra, el sistema y lo sistémico es producto del pensamiento y no está basado en las propiedades de la realidad objetiva, reflejada por ese pensamiento.

El punto de partida del sistema filosófico fichteano, o mejor dicho, de su *ciencia de la ciencia*, no es, por tanto, la contraposición de la cosa y la conciencia, del objeto y su concepto, sino una contraposición existente dentro del propio yo, y por ende, los objetos y sus conceptos son, como él decía, sólo dos formas de existencia del mismo yo. Así, según Fichte, se supera el dualismo kantiano y es posible un *sistema* único. Fichte, si hacemos caso de sus declaraciones, no intenta crear una teoría opuesta a la de Kant; él sólo discrepa en algunos "detalles" o introduce pequeñas enmiendas. Lo que a Kant le parecen objetos independientes, la tan mencionada "cosa en sí" es, dice Fichte, sólo una apariencia, pues el objeto que reflejan los conceptos no es otra cosa que el resultado de la acción inconsciente, irreflexiva del yo, un producto de la imaginación. Los conceptos son el resultado de esa misma acción, pero ahora en forma consciente. Este "detalle" no es más que un intento de superar a Kant desde posiciones idealistas. Fichte es posiblemente el iniciador de la conocida "crítica kantiana de derecha", continuada a fines del siglo pasado por el neopositivismo.[17]

El primero en rechazar este camino idealista en la solución de los problemas planteados y el primero en salirle al paso a esa "crítica", fue el propio Kant. En 1733, este filósofo formula una declaración sobre este problema y lo publica en el periódico *Intelligenzblatt der Allgemeinen Literatur Zeitung*, editado en Jena. Declaración que, según él, se ve obligado a hacer bajo presión del público que quería conocer la opinión del filósofo sobre la actitud de su discípulo y el carácter de las divergencias ya evidentes entre ellos.

> Yo declaro —decía Kant— que considero la *doctrina científica de Fichte* absolutamente inconsistente como sistema.

> Pues la doctrina científica pura no es otra cosa que una *lógica*, que no alcanza con sus principios el factor material del conocimiento, sino que se abstrae del contenido de este último como una *lógica pura;* intentar forjar de ella cierto objeto real sería inútil, y por tanto irrealizable.

Es decir, según Kant, en la teoría de Fichte desaparece definitivamente el mundo objetivo. Además, esta lógica pura degeneraría necesariamente en una doctrina metafísica al viejo estilo que Kant censuraba. Aconseja a Fichte que dedique su talento a otras cosas. Como curiosidad, merece la pena recordar que una de estas recomendaciones la encontramos en la carta del 12 de mayo de 1793 que Kant le dirige a Fichte. En ella Kant considera que su discípulo podría continuar el trabajo indicado por el propio Kant en *Crítica de la razón pura* y para el cual él ya no tenía tiempo.

> En la elaboración del problema de *Crítica de la razón pura* —escribe Kant— os deseo éxito y tengo esperanza de vuestro talento y dedicación. Si yo ahora no avanzase con tanta dificultad en todos mis trabajos en lo que, claro está, influye el hecho de que tenga ya casi setenta años, ya habría escrito yo ese capítulo, en la supuesta "metafísica de las costumbres", cuyo contenido usted ha elegido como objeto de su exposición. No debería alegar que en esto usted me ha tomado la delantera, pues esto significa que no tendré que ocuparme de ello.[18]

Como sabemos, los problemas que Kant incitaba a seguir estudiando eran aquellos que el propio Kant había planteado —y en parte iniciado su estudio— en "la dialéctica trascendental", que tenía como núcleo central la síntesis de los conceptos y juicios en los marcos de un sistema teórico único.

La línea seguida por Fichte en su "investigación" —vamos a llamar así el desarrollo de su doctrina— culminó lamentablemente con la eliminación de algunas de las cuestiones más importantes planteadas por Kant a la ciencia de su época, planteamientos de un innegable valor, no sólo para la teoría del conocimiento, sino también para el pensamiento sistémico en general: la necesidad de encontrar una solución "sistémica" al carácter antinómico de la realidad y el conocimiento, y al problema de la "cosa en sí".

Se ha señalado acertadamente —a nuestro modo de ver—, que el propio Kant no tuvo preocupaciones teóricas al utilizar en sus trabajos científicos naturales el concepto de sistema, posiblemente por considerar que su contenido era intuitivamente evidente y no necesitaba definición. Como hemos visto, la preocupación kantiana surge en el momento de establecer las características sistémicas del saber y su relación con los sistemas reales, "la cosa en sí".

En 1976, al cumplirse el 250 aniversario del natalicio de Kant, se realizó un examen profundo de la obra de este filósofo y se dijeron muchas cosas positivas sobre el valor de su obra, tanto para la historia de la ciencia como para el pensamiento científico de nuestros días. Posiblemente por tratarse de un aniversario, el tono de lo dicho puede parecer demasiado benévolo. Nosotros consideramos que hacía mucha falta tratar a Kant con la objetividad que el marco histórico de hoy exige, y que no se debía haber esperado tanto para ello; debemos alegrarnos de que por fin se haya hecho justicia. Como un ejemplo de esto, y por tener este ejemplo cierta relación con la génesis de las ideas sistémicas, quisiéramos citar uno de los párrafos con los que T. I. Oizerman concluye su artículo "La doctrina de Kant sobre 'la cosa en sí' y los noúmenos".

> De este modo, el carácter antinómico del concepto kantiano de cosa en sí refleja el contenido multifacético del problema planteado por Kant. Por ello se debe hablar no sólo del carácter antinómico del concepto "cosa en sí", sino de las contradicciones del propio proceso del conocimiento, las que, en cierto grado, son puestas al descubierto por el propio Kant. Pero esto no es todo; al parecer se debe hablar también sobre las contradicciones de la propia realidad objetiva. Así, la contradicción entre la apariencia y la esencia, entre la esencia y los fenómenos en general, está presente en forma del todo independientemente del conocimiento. Y si Kant no diferenció en forma suficiente los diversos significados del término "cosa en sí", esto evidentemente se explica por el hecho de que fue precisamente en su filosofía donde por primera vez se planteó la tarea de tal distinción —se toma conciencia de la necesidad de tal distinción—. Al comprender la complejidad real de este problema, no se puede llegar a la conclusión de que la inconsecuencia que, por regla general, se señala en la doctrina kantiana sobre

"la cosa en sí", en mucho no es otra cosa que el reverso de la búsqueda insistente de una solución real del problema, la cual es incompatible con la simplificación de la esencia, de la cuestión en aras de lograr una solución ilusoria, satisfactoria para las mentes superficiales. El materialismo dialéctico, en oposición a la interpretación idealista del kantismo, reconsidera y soluciona el problema planteado por Kant en toda la integridad de su desarrollo histórico.[19]

Esta última frase de la cita de Oizerman puede servirnos de puente para pasar a exponer algunas de las ideas básicas de otro filósofo que, siguiendo los lineamientos trazados por Kant —la tradición dialéctica y la búsqueda de los principios básicos que han de caracterizar a la filosofía como sistema— concluyó la elaboración de la síntesis dialéctica de la filosofía clásica alemana. Nos referimos a Hegel, quien, a su vez, fue el primer filósofo que vinculó el concepto de sistema a la historia de la filosofía, que mostró los vínculos indisolubles que existen entre la historia y la estructura de la filosofía considerada como un sistema de conocimientos. Lamentablemente, ese principio, la historicidad de los sistemas, no lo han tenido presente muchos, posiblemente la mayoría, de los autores de las teorías sistémicas contemporáneas.

La historia de la filosofía —dice Hegel— nos muestra que las doctrinas filosóficas aparentemente diferentes son en parte sólo una misma filosofía en diferentes etapas de su desarrollo, y los *principios* específicos, cada uno de los cuales constituye el fundamento de un determinado sistema, son también en parte sólo ramificaciones de un mismo todo.[20]

En una palabra, Hegel fue el primero que vinculó el concepto de sistema con las ideas del desarrollo. Es cierto que esto se refería a los sistemas filosóficos; es cierto que, por tanto, se trataba de un fenómeno que tenía lugar en la esfera del pensamiento; pero es cierto también que el planteamiento hegeliano tenía un profundo contenido, no se limitaba a señalar que los sistemas pueden desarrollarse, hacerse más complejos, y que el estado actual y las características de los sistemas están condicionados por el pasado, es decir, por la historia, sino que según Hegel, este vínculo significaba que la estructura del sis-

tema era idéntica a la estructura del desarrollo. Hegel supera el dualismo kantiano cuando identifica la estructura del sistema con la estructura del método por medio del cual es elaborado el propio sistema. En una palabra, si para Kant existe una dualidad entre el método del conocimiento y la estructura del conocimiento, para Hegel es el método el que, al desarrollarse y profundizarse en el proceso del conocimiento, se transforma en *sistema.*

Naturalmente se trata de un sistema condicionado, no por el hecho de que los objetos materiales ofrezcan una estructura sistémica, sino por las particularidades específicas de los conceptos. El propio Hegel lo define así: "El movimiento que caracteriza el avance del concepto de lo universal a lo particular constituye el fundamento y la posibilidad de cierta *ciencia sintética,* de cierto *sistema* y del conocimiento sistémico."[21]

Un segundo aspecto de gran importancia, que merece la pena de ser estudiado al hablar del aporte hegeliano al enfoque sistémico, es el que se refiere a la elaboración de los principios básicos de la construcción del sistema, entre los cuales ocupa un lugar predominante la ley de la negación de la negación, es decir, la negación dialéctica que materializa el desarrollo, naturalmente aplicada también a los conceptos.

Si recordamos en forma muy resumida el modo en que el propio Hegel elabora su sistema, veremos que lo inicia por la idea absoluta, tomada en su forma pura, o sea, como un conjunto de conceptos teórico-especulativos (por la lógica). La primera negación sustituye a esta lógica por la naturaleza, en ella el ser de la idea absoluta adquiere otra forma —la naturaleza—. La segunda negación tiene como resultado la sustitución de la naturaleza por el desarrollo histórico del hombre, por la sociedad, y, en última instancia, por la conciencia social. Culmina este proceso con la etapa del saber absoluto que no es otra cosa que un regreso a la lógica, a la idea absoluta en su forma pura. Esto es, una lógica que ha pasado por la prueba de las leyes de la naturaleza y de la sociedad y que en forma mistificada sigue el camino del paso de lo abstracto a lo concreto.

El idealismo hegeliano ofrece aquí una serie de importantes rasgos que lo hacen más profundo que el idealismo de Kant y de Fichte; y no sólo lo hacen más consecuente como idealismo, sino que, aunque parezca paradójico, lo "acercan" al materialismo. Se trata, naturalmente, de un acercamiento dia-

léctico, precisamente el mismo que más de una vez Lenin señaló en sus *Cuadernos filosóficos* cuando habla del idealismo inteligente. El "acercamiento" hegeliano consiste en la afirmación de que la *naturaleza* existe no sólo independientemente de cada individuo aislado, sino de la *humanidad*, y que el surgimiento o la aparición de la conciencia presupone —es el resultado— del desarrollo de la etapa superior de la naturaleza, y es sólo en el hombre donde el espíritu absoluto adquiere conciencia.

Por ello —han señalado acertadamente algunos investigadores marxistas—, en el sentido riguroso de la palabra, para Hegel lo absoluto, como espíritu, existe sólo en calidad de resultado —en la humanidad—, pues al principio no representa otra cosa que algo universal e indefinido. El propio Hegel tiene al respecto frases reveladoras: "De lo absoluto hay que decir que es esencialmente resultado, que sólo al *final* es lo que es en verdad, y en ello precisamente estriba su naturaleza, que es la de ser real, sujeto o devenir de sí mismo."[22]

La importancia de estas ideas radica no sólo en que muestran cómo Hegel, desde posiciones objetivistas y monistas, formula el método del paso de lo abstracto a lo concreto —al espíritu con conciencia—, sino que en ellas se señala que el portador de ésta, o sea, el verdadero sujeto, no es un individuo aislado, un yo individual, un "Robinson gnoseológico", sino la suma de la cultura universal, sus formas básicas. De ahí que la solución de este problema implicase, según Hegel, la necesidad de analizar el conocimiento como un proceso histórico-universal.

El marxismo conservó la médula racional de estos planteamientos; pero si para Hegel el carácter social del conocimiento no era más que una forma obligatoria que debía "aceptar" lo absoluto, y por la cual tenía que pasar el espíritu, para Marx lo social es la expresión de la esencia del conocimiento, precisamente por el hecho de que la práctica, que constituye el fundamento del conocimiento, es social por excelencia. Hegel destacó la importancia de la investigación de la conciencia en su estrecha vinculación con todas las demás formas de actividad en la esfera de la cultura social. El marxismo, a su vez, estableció que tanto el conocimiento como la conciencia pueden ser comprendidos e interpretados justamente si se examinan como el resultado de las demás formas de actividad social y, en última instancia, de la actividad en la esfera de la producción material.

Como sabemos, la tarea de separar en la doctrina hegeliana una serie de importantes ideas de un profundo significado científico, de la médula idealista de ella, fue una labor muy compleja realizada en forma brillante por Marx; tarea que no nos proponemos ahora analizar por rebasar en esta etapa los marcos de nuestro tema; nos limitaremos tan sólo a destacar algunos de los momentos básicos que hemos considerado de interés para comprender el proceso de génesis de las ideas sistémicas. En términos concisos, creemos que esta cita del libro *La filosofía de Hegel y la actualidad*, recoge muy bien la esencia de la actitud de Marx y del marxismo hacia el pensamiento hegeliano:

> Es natural que la filosofía del marxismo, que en forma consecuente desarrolla el punto de vista materialista, no podía simplemente apropiarse las profundas ideas que sobre la relación entre el sujeto y el objeto en el proceso del conocimiento había elaborado Hegel. La filosofía marxista tenía que elaborar una solución, en principio nueva, del problema. Pero esta solución hubiera sido imposible si hubiese tenido como punto de partida, no las ideas de Hegel, sino las de cualquier otro filósofo, por ejemplo, Locket.
>
> Partiendo del hecho de que determinados aspectos del problema ya habían sido resueltos por Hegel, Marx consideró que su tarea consistía en continuar desarrollando lo que ya se había logrado en la filosofía clásica alemana.[23]

Al elaborar la solución dialéctico-materialista de estos problemas, Marx lleva a cabo una crítica profunda de los planteamientos hegelianos, lo cual le permite formular conclusiones que no sólo no caben en los marcos de la concepción de Hegel, sino que abren una nueva etapa en la historia del pensamiento filosófico.

Uno de los problemas desarrollados profundamente por Hegel, y aceptados por Marx para seguir avanzando, es el problema de la relación objeto-sujeto en el proceso del conocimiento; dicho en otros términos, la forma en que Hegel plantea el problema de la relación existente entre la *dialéctica* del pensamiento y la dialéctica del *mundo real*, el problema de la identidad del *ser* y la *conciencia* y la posibilidad de crear una conciencia universal, una *lógica* valedera como una teoría

sobre las cosas y una teoría sobre el propio pensamiento. La *ciencia de la lógica* de Hegel fue precisamente el *sistema* teórico que logró en parte superar las dificultades, tanto del ya señalado "dualismo" kantiano como del "monismo" idealista subjetivista de signo fichteano. Pero, *la ciencia de la lógica*, debido a su fundamento idealista, presenta la dialéctica del pensamiento en "forma invertida", lo que no impidió que esta *dialéctica* fuese vista por Marx con un prisma distinto al hegeliano, el materialista.

Lenin, más de una vez en su lectura de la obra de Hegel, nos ofrece ejemplos de esta visión, al plantear con insistencia que todo marxista debe aprender a leer a Hegel con ese criterio materialista.

La importancia de esta lectura se hace aún más evidente cuando se observa la facilidad con que ciertos filósofos, marxistas y no marxistas, interpretan en forma simplista y vulgar el pensamiento hegeliano. Este simplismo se deriva con frecuencia de una incomprensión del contenido de algunos de los conceptos básicos de la "lógica" hegeliana, como por ejemplo, los conceptos de pensamiento, práctica, conocimiento, lo ideal, etcétera.

Como sabemos, el objeto de la *ciencia de la lógica* de Hegel es el *pensamiento*, y la lógica como ciencia se puede definir, según este autor, como "el pensamiento sobre el pensamiento" o más exactamente como "el pensamiento que se piensa a sí mismo". Esta definición establece el carácter específico de la lógica como ciencia, diferenciándola de las demás ciencias que se pueden definir como el pensamiento sobre un objeto o fenómeno distinto del propio pensamiento. En esta definición, algunos investigadores han querido ver ya —a nuestro modo de ver sin fundamento— los síntomas del idealismo hegeliano. Para otros el idealismo, propiamente dicho, no está aún implícito en esta definición, sino en la concepción hegeliana del "pensamiento", el que según Hegel dice, es algo que se realiza fuera e independientemente del individuo pensante y que el propio Hegel define mediante conceptos tales como "pensamiento puro", "pensamiento en sí", conceptos que implican, aparentemente, no sólo idealismo, sino misticismo y hasta fideísmo, ya que más de una vez Hegel en su lógica invoca a lo absoluto, al espíritu.

Y por último, hay quien sostiene que el carácter idealista de la lógica de Hegel se deriva del hecho de que, para este

último, el pensamiento que él investiga no es el pensamiento real y empíricamente captable de los individuos concretos; y no sólo porque según Hegel en el plano individual el hombre a veces viola las reglas de la lógica, sino porque *la ciencia de la lógica* no versa, en principio, sobre el proceso del acto de pensar, así como lo formula la lógica tradicional. Estas y otras objeciones han sido frecuentes en otros tiempos, pero aún perduran como un lugar común en alguna literatura, más como un "estilo de pensamiento" de aquellos que, en cierta etapa de su vida, recibieron algunas nociones elementales de filosofía y algunos conocimientos rudimentarios de su historia, en los que el pensamiento de Hegel se trataba en forma simplista.

El concepto hegeliano de pensamiento no es de tan fácil comprensión, sobre todo si tenemos presente la terminología empleada en su análisis y la necesidad de esa transcripción materialista de la que nos hablan constantemente los clásicos del marxismo. Los argumentos de Hegel, al replantear y tratar el problema del pensamiento, van dirigidos en primer término contra la concepción escolástica de la lógica y, en segundo, contra la ilusión kantiana, compartida por Shelling, de que la lógica es una ciencia que aglutina, sintetiza los principios y las reglas del pensamiento conceptual; ciencia que ya, desde hace mucho tiempo, según ellos, ha alcanzado la perfección, tiene un carácter cerrado, o sea, no sólo no se desarrolla, sino que no necesita este desarrollo. Como resultado de esta actitud, Kant se vio obligado a reconocer una contradicción entre esta teoría acabada y perfecta y el proceso del conocimiento de los fenómenos reales. Por esta razón, Kant consideró que las reglas de la lógica, en un determinado momento, se convierten en un obstáculo que no permite establecer con claridad el proceso del paso del concepto a la realidad objetiva y viceversa, o sea, que no permite establecer claramente la relación dialéctica entre los sistemas objetivos y los subjetivos. Según Kant, éste es un hecho que no ofrece posibilidades de solución, ya que su causa es, según su opinión, una limitación orgánica del propio pensamiento, que determina, como ya hemos señalado, la imposibilidad de elaborar un sistema de conocimientos científicos únicos sobre el pensamiento y sobre las cosas.

Hegel demostró que Kant no tenía razón; que no eran las reglas de la lógica ni las limitaciones del pensamiento las culpables de que hasta ese momento el problema no hubiese encontrado una solución, y que esto se debía a las deficiencias

de la lógica tradicional en general y a las limitaciones de la lógica kantiana en particular.

Kant, según Hegel, intentó ordenar todos los logros, todo lo positivo de los esquemas de la vieja lógica, en un sistema único, pero una vez elaborado el sistema, descubrió con sorpresa la existencia de otros sistemas contradictorios al elaborado por él y se vio obligado a reconocer la posibilidad de que éstos fueran también legítimos. La lógica de Kant fue la exposición sistémica de lo que hasta ese momento la conciencia había pensado sobre sí misma. Pero, del mismo modo que no se puede juzgar a las personas por lo que ellas piensan sobre sí mismas, tampoco se puede juzgar al pensamiento por su autoconciencia, por muy sincera que ésta haya querido ser en la elaboración de sus teorías. El pensamiento, afirma Hegel, se debe analizar por sus obras, independientemente de lo que él piensa sobre ellas, independientemente de que tenga conciencia de ellas o no.

Para pòder realizar este examen, es necesario —según Hegel— abandonar en primer término uno de los prejuicios básicos de la lógica tradicional, la cual considera que el pensamiento existe materialmente sólo en forma de discurso —externo o interno, hablado o escrito—. Cuando decimos "materialmente" queremos decir en una *forma externa* a sí misma. Hegel puso fin a este prejuicio, pero, lamentablemente, sólo en forma teórica, pues es sorprendente la persistencia práctica de este error, no sólo en la filosofía posthegeliana sino también en la contemporánea. El neopositivismo, por ejemplo, está basado e indisolublemente ligado a esta concepción del pensamiento (algunos la han denominado "autosuficiencia arcaica del pensamiento").

Hegel demostró irrefutablemente que el lenguaje no es la única forma empírica en la que se manifiesta el pensamiento. Éste se halla presente en un grado mucho mayor que en las palabras o en el "acto del discurso": en las obras, en la práctica creadora del hombre; y los resultados de esta práctica son la expresión más alta de la materialización del pensamiento.

De ahí que la acción del hombre y los objetos por ella creados sean para Hegel posiblemente la objetivación más importante del pensamiento; y que, por ello, el proceso de la creación en el estudio del pensamiento, tenga un primer plano.

Visto así el problema, resulta que la fórmula de Hegel de que la lógica debe tratar la determinación objetiva de las

cosas fuera de la conciencia humana, pierde en parte su carácter místico —o supuestamente místico—. Marx, en sus *Tesis sobre Feuerbach*, hace hincapié en esta cuestión al subrayar el aspecto creador del pensamiento y destacar que una lógica basada en estos principios se mueve, o ha de moverse, inevitablemente, hacia el materialismo.

Si nosotros hacemos una lectura atenta de los *Cuadernos filosóficos* —concretamente la página que trata sobre la *ciencia de la lógica* de Hegel—, veremos que son estos problemas los que más llaman la atención de Lenin, los que él copia y comenta. Por ejemplo, al copiar la frase de Hegel en la que éste plantea el problema del contenido de su lógica: "Presentar el reino del pensamiento en su aspecto filosófico, es decir, en su propia [*NB*] actividad inmanente, o, lo que es lo mismo, en su desarrollo necesario [*NB*]...", Lenin escribe al margen: "¡Excelente!" Al destacar que esa lógica tiene como objeto, según Hegel, "no sólo lo universal abstracto, sino lo universal que encierra la riqueza de lo particular...", Lenin exclama: "¡Magnífica fórmula (...), Très bien!"[24]

La importancia de estos problemas, que a primera vista pudiera parecer que no está directamente vinculada con el enfoque sistémico y la elaboración de una teoría general de los sistemas, se hace evidente si tenemos presente que, para Hegel, *el conocimiento* —al elaborar las teorías científicas y, en primer término, la lógica—, lo que busca es la creación de sistemas del Saber. En la "Introducción" a la *Fenomenología del espíritu*, afirma que para que la filosofía "se eleve al plano de ciencia" es necesario que sus conceptos sean organizados en un sistema, pues "la verdadera figura en que existe la verdad no puede ser sino el sistema científico de ella".[25] La constitución de este sistema será lo que permitirá que "la filosofía pueda dejar de llamarse *amor* por el *saber*, para llegar a ser saber real".[26]

Hegel fue uno de los primeros filósofos que abordó el problema del desarrollo dialéctico del Universo como una totalidad o sistema único. Es cierto, como ya se ha señalado, que tanto al principio como al final de este sistema en desarrollo se encuentra la idea, la cual, según Hegel, es un sistema orgánico e integral que contiene un conjunto de niveles cada uno de los cuales es de por sí un sistema; es decir, el Universo es un sistema de sistemas. La naturaleza, como parte integral de este sistema, puede examinarse, a su vez, con el mismo criterio sistémico. "Nosotros debemos considerar la natura-

leza —escribe— como un *sistema* de peldaños, cada uno de los cuales en forma necesaria surge del que le precede."[27]

Pero como, según su opinión, existía una identidad entre el ser y el pensamiento, y este último era lo primario, la lógica era por tanto la forma teórica fundamental, que al describir el movimiento de categorías, describía, en esencia, el objeto sistémico complejo. Por este camino se superaba en efecto el dualismo kantiano, pero se incurría en el idealismo objetivo que se desprende de la concepción hegeliana del sistema categorial y de la primacía del espíritu. El principio de identidad del ser y el pensamiento, según T. I. Oizerman, pese a todas las reservas dialécticas formuladas por Hegel, reduce el ser al pensamiento ontológicamente interpretado, excluyendo, de este modo, el principio epistemológico del reflejo. El saber resulta idéntico al ser; el sistema del saber se interpreta como el sistema del ser.

> De esta manera —escribe T. I. Oizerman— en Hegel, en esencia, no tiene lugar un planteamiento claro de la relación entre el sistema del saber con los objetos de la investigación que también tienen un carácter sistémico. El concepto de sistema, como un complejo integral que determina los elementos que lo componen, y que, simultáneamente, se determina él mismo por medio de su interacción, fue elaborado por primera vez por Marx en el proceso de investigación del sistema capitalista de las relaciones de producción.[28]

Con respecto al significado de las ideas de Hegel para la elaboración de las teorías o el enfoque sistémico en nuestros días, existen opiniones muy diversas.

Para Hegel, la *lógica* debe ser considerada como una teoría general de los sistemas y los niveles de organización del sistema universal; esta posición la formula Shingarov en un artículo que lleva como título "El sistema de Hegel y el problema del enfoque sistémico".[29] Para otros, este punto de vista es una exageración y Hegel sólo planteó algunos problemas importantes, entre ellos, por ejemplo, el de la necesidad de elaborar el sistema de categorías, el de la superación del método analítico del conocimiento y la necesidad de conjugar el análisis y la síntesis —tarea que según Hegel cumple la filosofía—. "El método filosófico es analítico y sintético a la vez, pero no en el sentido de una simple yuxtaposición o de una

mera alteración de estos dos métodos del conocimiento finito, sino, más bien, de forma tal que los contiene como trascendidos y, por tanto, *en cada uno de sus movimientos* se comporta a la vez analítica y sintéticamente." Esto lo comenta Lenin: *"¡Très bien!"*[30]

Unos terceros afirman —y éstos a nuestro modo de ver son los que están más cerca de la solución correcta del problema— que, desde el punto de vista del enfoque sistémico, Hegel aún está por estudiar y que, por tanto, lo mismo en su *Ciencia de la lógica* que en la *Filosofía del espíritu*, se pueden ver cosas muy distintas y encontrar frases muy atractivas o decepcionantes, tanto para los historiadores como para aquellos que laboran en la teoría del enfoque sistémico.[31]

A este respecto merece la pena recordar, aunque sólo sea como anécdota, que después del desarrollo de la filosofía clásica alemana, se hizo evidente que tanto la filosofía idealista como el materialismo metafísico habían agotado sus posibilidades como fundamento metodológico del desarrollo del pensamiento sistémico. La doctrina de Hegel demostró la esterilidad de todo intento de elaborar un enfoque sistémico de la realidad a partir de criterios metafísicos.

> Después de Hegel —escribe Engels— la *sistemática* es imposible. Resulta claro que el mundo constituyó un solo sistema, un todo coherente, pero el conocimiento de este sistema supone el conocimiento previo de *toda* la naturaleza y la historia, y esto nunca lo alcanzarán los hombres. Por tanto, quien hace sistemas tiene que llenar las innumerables lagunas con su propia inventiva.[32]

En una palabra, según Engels, el enfoque dialéctico materialista —el único posible después de Hegel— del carácter sistémico del mundo objetivo y nuestro conocimiento deben considerar todo sistema de conocimientos como un *sistema* en desarrollo. Como ya se ha señalado, esta idea se planteó en la filosofía clásica alemana, pero no se llegó a resolver en forma satisfactoria.

> Esta filosofía alemana moderna —escribe Engels en el *Anti-Dühring* —encontró su remate en el sistema de Hegel, en el que por vez primera —y éste es su gran mérito— se concibe todo el mundo de la naturaleza, de la historia y del espíritu como un proceso, es decir, en constante mo-

vimiento, cambio, transformación y desarrollo, intentando además poner de relieve la conexión interna de este movimiento y desarrollo.[33]

"No importa —continúa más adelante Engels— que [el sistema de] Hegel no resolviese el problema [que se planteaba]. Su mérito, que sienta época, consistió en haberlo planteado."[34]

Los motivos que determinaron el fracaso de este sistema también fueron señalados por Engels:

> El sistema de Hegel fue un aborto gigantesco pero el último de su género. En efecto, adolecía de una contradicción íntima incurable; pues, mientras de una parte arrancaba como supuesto esencial de la concepción histórica, según la cual la historia humana es un proceso de desarrollo que no puede, por su naturaleza, encontrar remate intelectual en el descubrimiento de eso que llaman verdad absoluta, de la otra se nos presenta precisamente como suma y compendio de esa verdad absoluta. Un sistema universal y definitivamente plasmado del conocimiento de la naturaleza y la historia es incompatible con las leyes fundamentales del pensamiento dialéctico; lo cual no excluye, sino que, lejos de ello, implica que el conocimiento sistemático del mundo exterior en su totalidad puede progresar gigantescamente de generación en generación.[35]

Como sabemos, esta idea de Engels expresada en forma de crítica al sistema hegeliano y al concepto de sistema formulado por este filósofo, se desarrolla en un plano positivo en el proceso de análisis del *sistema natural o filosofía de la realidad* de E. Dühring, y en la elaboración de su obra inconclusa *Dialéctica de la naturaleza*. Según Engels, el conocimiento de todos los fenómenos, efectivamente, tiene como meta el establecimiento de las conexiones sistémicas de éstos; y la ciencia, a pesar de la imposibilidad de dar una exposición científica, congruente y cerrada de ellos, o sea, de construir un "sistema definitivo y cerrado" de estas conexiones, está, no obstante, llamada "a indagar esta conexión sistémica en todas partes, lo mismo en los detalles que en su totalidad".[36]

Esta tarea de toda la ciencia, incluida la filosofía, es, según Engels, el resorte principal del progreso intelectual y se re-

suelve día tras día "en el desarrollo progresivo e infinito de la humanidad".

El materialismo dialéctico que, aunque como hemos visto, rechaza el sistema hegeliano como tal, utiliza y desarrolla muchos de los planteamientos de este filósofo; no sólo en lo que se refiere a la teoría de la dialéctica, sino también a sus ideas sistémicas, las que, al ser enfocadas con un criterio materialista, constituyen un importante aporte a la solución filosófica de este problema.

Hegel fue el primero que vinculó y analizó el concepto de sistema con las ideas del desarrollo, llegando a la conclusión de que la *estructura* del sistema del saber debe ser análoga a la estructura del desarrollo del proceso del conocimiento. El materialismo dialéctico demostró que ésta es una característica común de todos los sistemas tanto espirituales como materiales y que, por tanto, la *estructura* de todo sistema es análoga a la *estructura* del proceso de su desarrollo.

Como ya hemos señalado, Kant diferenciaba radicalmente el sistema del método utilizado para su elaboración —la arquitectónica—. Hegel formuló la idea de que debe existir una profunda identidad entre la estructura del sistema y el método por el cual este había sido logrado, iniciando así la superación del dualismo kantiano existente entre el método del conocimiento y la estructura del conocimiento. Decimos iniciando, porque, según Hegel, esta identidad se debía sólo al carácter específico de los conceptos, que constituyen los elementos básicos de todo sistema de conocimientos. El materialismo dialéctico demostró que el fundamento de esta identidad radica en el contenido objetivo que reflejaban los conceptos, o sea, en las propiedades sistémicas de los objetos materiales.

Hegel, al plantear la posibilidad de la elaboración de un sistema único del saber filosófico, basado en un principio general distinto de los principios de los sistemas particulares, formuló una idea de gran importancia metodológica: la necesidad de que dicho principio fuese una síntesis de éstos. El materialismo dialéctico vio en este planteamiento un contenido más profundo que el simple eclecticismo, a veces imputado a Hegel, y señaló que, tras la intención manifiesta de Hegel de lograr una unidad superior de los sistemas del idealismo filosófico, se ocultaba el planteamiento racional de la relación dialéctica entre lo particular y lo universal en el desarrollo

histórico del pensamiento filosófico. Visto este problema en los marcos del desarrollo de las ideas sistémicas, no significaba otra cosa que la indicación de que *el único camino posible en la elaboración de una teoría general de los sistemas había de ser la síntesis dialéctica de los enfoques sistémicos elaborados en todas las esferas de la realidad;* síntesis que no debería tener como fundamento ninguno de los principios particulares, sino otro cualitativamente distinto.

Esta idea la desarrolla y materializa Marx al elaborar el sistema de las categorías de la economía política.

Es en *El capital* donde Marx, al aplicar el método dialéctico materialista al estudio de un objeto sistémico complejo, es decir, la sociedad capitalista, logra descubrir ese principio general, o ley, que abarca "todos los principios particulares", constituye la base del sistema y permite la reconstrucción, a nivel teórico, del objeto de la investigación como una totalidad sistémica.

Marx supera las limitaciones idealistas y reduccionistas de la concepción hegeliana de sistema y formula los conceptos de "sistema material" y "sistema orgánico", elaborando simultáneamente el concepto de "sistema de categorías" o "sistema de conceptos" como reflejo de los sistemas materiales y, a su vez, como un sistema específico con características y particularidades propias.

Posiblemente uno de los aportes más significativos del marxismo al análisis o enfoque sistémico consiste en la introducción en éste de los criterios del movimiento y el desarrollo dialéctico, tanto en lo que se refiere a los objetos en sí como a la génesis de sus interpretaciones teóricas.

Al estudiar la formación social del capitalismo como un sistema orgánico único, Marx descubre la interrelación de sus componentes básicos, y la ley que determina el desarrollo del sistema. El análisis del proceso de producción material realizado por Marx, muestra que sus elementos básicos: la producción, la distribución, el intercambio y el consumo, no sólo forman una totalidad integral, sino que se encuentran en interacción tanto entre sí como con la totalidad, interrelación que llega hasta la transformación mutua de estos elementos. Por ejemplo, al exponer el proceso de producción del capital industrial, Marx no sólo destacá la intervinculación de sus diferentes formas: capital monetario, capital mercantil, capital productivo, que no existen por separado, sino que, además, muestra que son formas funcionales del capital industrial, el

cual, de manera consecutiva, adquiere una tras otra estas formas. Marx mostró que esto se realiza en forma cíclica como resultado de la unidad de los procesos de circulación y producción, por un lado; y, por otro, gracias a la unidad de las formas específicas mencionadas. Esta unidad puede existir, escribe Marx, sólo debido a que "cada una de las distintas partes del capital puede seguir consecutivamente una tras otra por las fases del ciclo y pasar de una fase, de una forma funcional, a otra".[37]

Marx dejó rigurosamente establecido que, si la totalidad es una unidad dialéctica de los elementos, no es menos cierto que las propiedades de esta totalidad no se pueden identificar con las propiedades de los elementos que lo componen. Las propiedades sistémicas, o del sistema, son cualitativamente distintas; son ellas las que sintetizan los elementos, las que determinan las características y la dirección del desarrollo.

> Si en el sistema burgués concluso —escribe Marx—, cada relación económica presupone otra forma económica burguesa y de esta manera, cada consecuencia es a su vez una premisa, esto, no obstante, tiene lugar en todo sistema orgánico. El sistema orgánico como tal, como una totalidad integral, tiene sus premisas y su desarrollo, esta totalidad consiste precisamente o en la supeditación de todos los elementos de la sociedad o crear de ella los órganos que aún le faltan. De este modo el sistema en el curso del desarrollo histórico se convierte en totalidad. El surgimiento del sistema como totalidad es uno de los momentos de su proceso, de su desarrollo.[38]

El análisis del desarrollo de las ideas sistémicas en los marcos del pensamiento filosófico permite formular importantes conclusiones que, a la vez que confirman los planteamientos expuestos en los capítulos introductorios del presente trabajo sobre los niveles del saber metodológico contemporáneo y el lugar en él de los métodos científicos generales, aportan elementos nuevos a la solución de este importante problema.

En primer término, es evidente que estas ideas no pretenden lograr una metodología filosófica nueva ni complementar la existente, sino que persiguen un fin más limitado: definir las características de la filosofía como un determinado campo del saber (sistema de conocimientos) y establecer la relación existente entre este sistema y la realidad objetiva que refleja.

Las ideas sistémicas y los conceptos que las definen no están dirigidos, en los marcos de las diferentes doctrinas filosóficas examinadas, hacia la solución de los problemas internos específicos de la filosofía; no constituyen ni pretenden lograr un método para abordar dichos problemas. Ahora bien, las ideas sistémicas que van madurando en el proceso de desarrollo del pensamiento filosófico, tienen un resultado positivo de grandes consecuencias: la formulación del principio filosófico de la sistemicidad (carácter sistémico) del mundo real (objetos y fenómenos) y del pensamiento teórico que lo refleja (ciencia y filosofía). Este principio sí tiene un significado metodológico muy amplio y es, en efecto, un elemento básico del método dialéctico materialista, un factor imprescindible en la elaboración del conocimiento teórico.

Es en este sentido que se puede aceptar la afirmación de que la filosofía ha realizado un aporte decisivo en la elaboración del *enfoque sistémico*, pues dicho enfoque tiene como fundamento teórico metodológico este importante principio y, sobre la base de él, es que se plantea la tarea de la elaboración, a nivel científico-general, de un conjunto de métodos y procedimientos investigativos que hoy han recibido el nombre de enfoque sistémico.

3. EL ENFOQUE SISTÉMICO Y EL MÉTODO ESTRUCTURAL EN LAS CIENCIAS PARTICULARES

A pesar de que el interés por los métodos sistémicos se generaliza sólo en la segunda mitad del siglo XX, y que la moda del "estructuralismo", que agudiza este interés, alcanza su apogeo en la década del 60, es importante tener presente, como ya hemos señalado, que la elaboración teórica y la aplicación efectiva del enfoque sistémico y del método estructural en las ciencias particulares, tienen lugar mucho antes, y, en primer término, en la matemática y en las ciencias naturales, en las que los conceptos "sistema", "elemento" y "estructura" no sólo reflejan una comprensión clara de la organización sistemo-estructural del mundo objetivo, vista naturalmente bajo ángulos particulares, sino que constituyen ya la base de nuevos métodos de estudio de la realidad, planteando como tarea de primordial importancia la necesidad de incorporar los resultados obtenidos a los principios de la metodología general de la investigación científica.

Es cierto que, durante algún tiempo, el estudio de los sistemas y la definición de los conceptos "sistema", "estructura", etcétera, se llevó a cabo en los marcos de interpretaciones mecanicistas y concepciones filosóficas en muchos aspectos metafísicas.

La estructura se interpretaba esencialmente como la composición u organización interna de los fenómenos o como el "esqueleto" de sistemas definidos aún en forma intuitiva como conjunto de elementos. El método cognoscitivo, que se derivaba de esta interpretación simplista, se reducía a la disgregación de los objetos en sus componentes fundamentales, para luego establecer la armazón estable de ellos —la estructura— y marginar lo inestable y variable. En esta concepción mecanicista, el método que implicaba el estudio de los sistemas no rebasaba los marcos del método empírico experimental, era uno de sus elementos, y, con frecuencia, se reducía al estudio de un solo componente del enfoque sistémico: la estructura. Es más, con frecuencia sistema y estructura se identificaban tanto en la práctica investigativa como en las definiciones formales. En cierto sentido, esta situación no ha sido aún superada.

Se puede objetar que los conceptos de sistema y estructura que se elaboran en las distintas ciencias particulares, así como los métodos a ellos vinculados, tienen poco que ver con el "estructuralismo" de nuestros días, y menos aún con las denominadas "teorías generales de los sistemas"; pero esto es cierto sólo en parte, y posiblemente en la menor, pues existen importantes coincidencias y elementos comunes entre estas dos etapas en el desarrollo del pensamiento sistémico y, en primer lugar, el hecho de que ambas tienen como punto de partida un mismo tipo de realidad y una misma particularidad de ésta: la organización sistémica del mundo objetivo y la búsqueda de un método de conocimiento que nos permita una descripción adecuada de esta propiedad.

Como decíamos, en la filosofía esto tiene como resultado el surgimiento del sistema de la dialéctica materialista, en la cual las ideas sistémicas y el principio de la sistematicidad son un elemento básico del método dialéctico. En las ciencias particulares, el enfoque sistémico es una etapa importante en el proceso de introducción del pensamiento dialéctico, aunque en determinados momentos se llegase a considerar que las ideas sistémicas y el método dialéctico eran incompatibles y

opuestos. Los conceptos científicos generales de sistema, estructura y otros, que hoy, al reemplazar los viejos conceptos surgidos en las distintas ciencias particulares, tienden a constituirse en la médula del enfoque sistémico y del método estructural —y en cierto sentido también del "estructuralismo filosófico"—, aunque tienen un contenido diferente, tienen también mucho de común, pues una serie de rasgos específicos, que pueden considerarse como los elementos fundamentales de la definición científico general, están en una u otra forma presentes en los dos tipos de conceptos. Esto se ve claramente, por ejemplo, en el caso del concepto de estructura, el cual presenta los siguientes rasgos comunes: 1) la estructura es el conjunto de relaciones entre los elementos de un sistema establecido en su forma pura, y en grado tal de abstracción, que permite excluir el carácter específico de estos elementos; 2) estas relaciones no dependen de los elementos, sino que los determinan, pues, en última instancia, estos elementos no son otra cosa que los puntos de interferencia de la compleja red de relaciones; 3) la estructura no es simplemente la armazón de los sistemas, sino la encarnación de un conjunto de diferentes tipos de "esqueletos", armazones, que pueden transformarse unos en otros por medio de determinadas reglas de transformación; 4) la estructura, debido a esta última particularidad, puede ser formalizada de tal modo que uno de los niveles estructurales se convierta en la expresión objetiva, relativamente estable, de la multiplicidad de relaciones implícitas en el sistema —la estructura fonológica en la lingüística, los sistemas de parentesco en las sociedades primitivas, etcétera—; 5) el cambio, la transformación de los sistemas no se niega, sino que se obtiene por el camino de la deducción combinando un número limitado de elementos y sus relaciones.

Es cierto que la aplicación de estos criterios sistémicos en las ciencias naturales ha tenido y tiene un carácter limitado: no abarcan la integridad de estas ciencias, sino sólo determinados aspectos de las mismas.

A cuál ciencia le corresponde el mérito de haber iniciado este camino en la investigación, es hoy difícil de establecer categóricamente, por el hecho de que el estudio de la historia de la ciencia aún no ha avanzado en algunos sectores con suficiente profundidad como para llegar a conclusiones definitivas al respecto. Pero para los objetivos de nuestra exposición,

no así para la historia de la ciencia, esto no tiene tanta importancia, pues nos proponemos sólo destacar algunas de las características de este proceso de formación y no elaborar una historia general de la génesis de las concepciones sistémicas.

Existe una opinión muy divulgada en la literatura científica, según la cual la prioridad en la elaboración de los principios del enfoque sistémico y el método estructural, en las ciencias particulares, pertenece a la lingüística, y que esta ciencia, por tanto, se ha merecido el privilegio de ser mencionada como la primera en toda exposición histórica sobre estos problemas.

Nosotros opinamos que este criterio no es exacto, no sólo porque aún no ha llegado la hora de poner el punto final a la discusión de este tema, sino porque sabemos que en otras ramas del saber particular, y muy específicamente en la matemática, ya desde hace mucho tiempo fueron elaborados algunos principios básicos del enfoque sistémico y recibió gran desarrollo el método de análisis de las estructuras.

Las ideas sistémicas y el concepto de estructura en la matemática

Es bien conocido que ya en el siglo pasado, en la esfera de la denominada "matemática clásica", se iniciaron cambios de enorme importancia que tuvieron como resultado la transformación radical de sus tres ramas fundamentales: la geometría, el análisis y el álgebra.

Esta transformación, que muchos han denominado "revolucionaria", se llevó a cabo gracias a la aplicación consecuente y profunda de la teoría de los conjuntos y el método axiomático.

La elaboración de las teorías de los grupos y de los conjuntos, de la topología y el análisis funcional, y, por último, de la lógica matemática, tuvo como resultado inmediato la confirmación de ideas ya formuladas en el siglo XVIII, según las cuales la matemática debía estudiar un tipo de relaciones diferentes del que hasta entonces se había considerado su objeto por excelencia; y el rechazo del punto de vista, ya casi convertido en dogma, de que el objeto y las tareas de la matemática se debían limitar a los aspectos cuantitativos de la realidad o, dicho en otros términos, al estudio de ciertos objetos dados por la intuición: los números y las figuras, utilizando para ello los métodos de cálculos.

Este nuevo tipo de relaciones que se proponían como objeto de estudio de la matemática, y que no tenían nada que ver con las relaciones cuantitativas, ya había sido señalado por Leibniz, quien destacó las relaciones de: *simetría* (si $a=b$, entonces $b=a$); *transitividad* (si $a=b$ y $b=c$, entonces $a=c$); *conmutatividad* $(ab=ba)$; y *asociatividad* (ab) c=a (bc).

Leibniz buscaba la forma de crear una *matemática universal* que fuese a la vez una lógica de las relaciones. Esto explica, entre otras cosas, su insistencia en la búsqueda del camino para superar las limitaciones que los criterios "cuantitativos" imponían a esta ciencia.

No tenemos el propósito de desviarnos en la formulación de nuestra opinión sobre el significado general de la obra científica de Leibniz, ni siquiera de destacar la influencia de sus ideas en la matemática en general y en la filosofía. Para lo primero sería necesario un estudio especial y lo segundo nos apartaría por completo de los problemas que nos interesa analizar en el presente trabajo. Por ello, sólo quisiéramos citar unos párrafos que exponen con gran claridad el lugar que, según Leibniz, ocuparían las nuevas matemáticas en el conjunto de las ciencias.

> Leibniz observó que existe una matemática universal, de la que todas las ciencias matemáticas toman sus principios y los teoremas más generales, y que esta matemática se funde con la lógica, o por lo menos con la parte más esencial de ella. Entre la matemática y la lógica existe, no sólo una analogía formal, no sólo cierto paralelismo, sino identidad o, cuando menos, una identidad parcial. En efecto, la *matemática universal* es, como hemos podido ver, una ciencia general sobre las relaciones. Cada relación, al ser caracterizada por medio de un número determinado de cualidades formales, puede constituir la base de una teoría particular, con sus propios axiomas y teoremas y, en última instancia, la base de la deducción, de la cual estos axiomas serían las reglas; dicho con mayor brevedad, puede ser la base de cierta álgebra. Junto con el álgebra clásica, que es sólo una lógica del número y la cantidad y está basada en una relación, la de igualdad, Leibniz acepta otras álgebras basadas en las relaciones de similitud, coincidencia, etcétera, y el álgebra de la identidad y la inclusión en la que se incluye el álgebra clásica. Pero como estas álgebras están basadas en las

cualidades formales de las fórmulas, esto significa que la matemática universal se convierte en una verdadera lógica formal, en una ciencia sobre las leyes y formas generales del pensamiento.[39]

Las ideas de Leibniz sobre la necesidad de elaborar una matemática que tuviese presente tipos de vínculos cualitativos, fueron más tarde desarrolladas por G. Boole (1815-1864), para quien esta ciencia debería ser una investigación estructural basada en el análisis, no de los términos, sino de los vínculos: "Aquel que conozca el estado actual del álgebra simbólica —escribió Boole— sabe que la corrección del proceso de análisis no depende de la interpretación de los símbolos en ella empleados, sino exclusivamente de las leyes de sus combinaciones."[40]

Por las citas que hemos seleccionado, que se refieren a etapas aún embrionales en el desarrollo de las concepciones estructurales en la matemática, se puede llegar a la conclusión de que la parte de esta ciencia en que estos cambios se empiezan a traducir con resultados más prometedores fue el álgebra. Los trabajos e investigaciones realizados posteriormente, sobre todo a partir de los años 20 de nuestro siglo, cuando las operaciones algebraicas son sometidas a un estudio sistémico y minucioso y en estas investigaciones se analizan no sólo relaciones entre números y magnitudes, sino entre objetos de cualquier naturaleza, han confirmado plenamente las perspectivas de esta ciencia y sus métodos para el estudio de los vínculos entre cualquier tipo de objeto y la posibilidad de la formalización de las operaciones que con éstos se pueden realizar. Pero antes de que la matemática se convirtiese en una ciencia, no sobre objetos, sino sobre las estructuras o sistemas de relaciones, fue necesario un largo período en el cual tuvo lugar una diferenciación del aspecto abstracto-formal del nuevo método, de las secciones concretas de la matemática. Noel Mouloud describe este proceso en los siguientes términos:

Así, el concepto de estructura era ocultado por los modelos de esta estructura, las manifestaciones concretas de uno u otro sistema de relaciones: por ejemplo, las leyes de la composición algebraica, "las leyes del grupo", sobre las que hablaremos más adelante, quedaban ocultas tras las leyes particulares de la composición, que se referían a las "sustituciones" (en cierto conjunto de sím-

bolos), a las operaciones de suma y multiplicación de números, a la transformación de vectores en el espacio euclidiano.[41]

A pesar de que la lista de los matemáticos que han contribuido a la elaboración y desarrollo de las nuevas ideas hasta convertirlas en una rigurosa teoría científica debería ocupar más de una página, nosotros cometeremos la imprudencia de citar sólo dos: V. Varden, que en su libro *Álgebra contemporánea*, publicado en dos tomos (1930 y 1931), destacó las dependencias lógicas implícitas en la matemática y perfeccionó los métodos abstractos y formales de análisis de las relaciones algebraicas en ese sentido amplio que hemos señalado; y N. Bourbaki, nombre tras el que se oculta un colectivo o grupo de matemáticos franceses que se formó por los años 30 y que, desde entonces, han venido publicando una obra fundamental titulada *Eléments de mathématique*, de la que ya se ha editado buen número de tomos.

Los Bourbaki, partiendo de la teoría de los conjuntos y empleando un método axiomático, han elaborado una visión de la matemática basada en la concepción de las llamadas "estructuras matemáticas", que son los que permiten introducir un nuevo método o procedimiento de construcción de la matemática, como una "jerarquía de estructuras".

Estos trabajos han tenido como resultado la elaboración de un concepto de "estructura" que se ha convertido en el concepto fundamental de la matemática contemporánea.

Debido a la importancia de estos trabajos, los que según el conocido matemático soviético Lapunov "constituyen el fenómeno más sobresaliente de la matemática contemporánea", nos ha parecido suficiente limitar la exposición del presente tema a la presentación de la concepción de los Bourbaki sobre las estructuras matemáticas en las tres dimensiones más importantes desde el punto de vista de nuestro trabajo: la definición del concepto, los tipos de estructuras y las implicaciones metodológicas.

Creo que no necesitamos convencer a nadie de la importancia de las definiciones de M. Spivak en su libro *Cálculo infinitesimal* cuando escribe: "Lo que no se ha definido nunca no puede ser sometido a un análisis profundo, y las propiedades *P1-P13* deben considerarse como suposiciones, no como teoremas acerca de los números."[42]

Y, aunque el autor se refiere aquí a la teoría de los números, esta afirmación nos parece válida para cualquier teoría, pues no puede aspirar a ser reconocida como tal hasta que sus conceptos básicos no han sido definidos.

¿Cómo se define el concepto de estructura matemática? o ¿qué es una estructura matemática?

La formulación de una definición general ha encontrado serias dificultades debido a las diferencias que fácilmente se pueden establecer en los tipos concretos de estructuras descubiertas en esta ciencia, y definidas como estructuras algebraicas, topológicas, etcétera.

El inicio del estudio sistémico de las estructuras matemáticas se vincula a la elaboración de la teoría de los grupos, y a la definición y formación del concepto "grupo", que da vida a esta teoría, la cual, como sabemos, desempeña un importantísimo papel en la mayoría de las ciencias matemáticas y en algunas ciencias naturales tan importantes como la física y la química.

El *grupo* se define como un conjunto de objetos matemáticos, de cualquier naturaleza, para los cuales se ha mantenido sólo una operación algebraica: la composición; y cuyas propiedades esenciales se describen por medio de un sistema de axiomas. Este sistema de axiomas, o axiomas de grupo, son los que determinan la estructura de los grupos debiendo sólo responder a tres condiciones previas: a) no ser contradictorios; b) ser independientes; c) constituir un sistema completo.

Otra posible definición sería la siguiente: un conjunto G en el que se ha definido una operación $a\ b$ que se caracteriza por tres propiedades G_1, G_2, G_3, tiene estructura de grupo, o sea, es un grupo.

La generalización de estas características estructurales del grupo hace posibles las siguientes conclusiones sobre los componentes de la estructura matemática que deben participar en su definición: a) la estructura matemática debe estar constituida por un conjunto de elementos, no importa de qué naturaleza; b) estos elementos tienen que mantener entre sí ciertas relaciones; c) con esos elementos se pueden realizar determinadas operaciones, cuyas particularidades se describen mediante un sistema de axiomas.

Según lo han establecido los especialistas, las relaciones entre los elementos de los conjuntos que determinan la estructura, pueden ser las más variadas por su naturaleza, im-

plicando igual variedad en el sistema de axiomas, o sea, en los posibles tipos de estructuras matemáticas.

En ellas se destacan tres grupos básicos; 1) las estructuras algebraicas; 2) las estructuras de ordenación; 3) las estructuras topológicas.

Como es comprensible, no quisiéramos penetrar en un campo tan especial como son las ciencias matemáticas, pero el tema nos obliga, si no a penetrar, por lo menos a ofrecer algunas definiciones.

1. La relación entre los elementos de los conjuntos matemáticos puede ser una relación entre tres elementos, uno de los cuales podemos denominarlo el tercer elemento, y que se determina univalentemente por los dos primeros, o dicho con otras palabras, el tercer elemento es una función de los primeros. Este tipo de relación ya la hemos descrito cuando definíamos los grupos, pero es característico no sólo para éstos, sino también para los anillos y los campos.

Este tipo de relaciones ha recibido el nombre de "ley de composición" y la operación que en ellos se realiza se llama "operación algebraica". Pues bien, un conjunto que tiene como característica fundamental de sus relaciones la "ley de composición" y sus operaciones son "operaciones algebraicas" se denomina *estructura algebraica.* El *grupo* es una estructura algebraica en la que se ha definido una operación. Los anillos y los campos son estructuras algebraicas en los que se han definido dos operaciones. Cada una de estas estructuras tiene, como hemos señalado, sus sistemas axiomáticos.

2. Cuando en un conjunto matemático pueden determinarse relaciones entre dos de sus elementos que establezcan su ordenación, se dice que este conjunto se caracteriza por relaciones de ordenación de dos elementos a y b es $a = b$, pero también son familiares a todos $a \neq b$; $a > b$; $a < b$, etcétera.

La estructura de este tipo de relaciones es la que recibe el nombre de *estructura de ordenación.*

3. Cuando en un conjunto matemático se introducen los conceptos de límites y continuidad, que son aceptables para el sistema de axiomas, se considera que para este sistema se ha establecido la topología y que la estructura de este sistema es una *estructura topológica.*

Estos tres tipos de estructuras, según los Bourbaki, se deben denominar *estructuras matemáticas básicas;* de las que se pueden derivar, con la introducción de axiomas complementarios, una gran multiplicidad de estructuras e infinidad de conclusiones teóricas. Otra denominación que estos mismos autores han encontrado para estas estructuras que, según ellos, son el eje del Universo, es la de *estructuras de la materia.*

Estas tres estructuras básicas no siempre se presentan en forma pura, sino que con mucha frecuencia se interfieren mutuamente creando las llamadas *estructuras complejas.* Un ejemplo lo constituye la serie de números naturales; que conjuga las tres estructuras.

Las ideas y definiciones que estamos ofreciendo se exponen en el libro *Ensayos de historia de las matemáticas.*[43] Los propios Bourbaki se encargan en este trabajo de formular una serie de conclusiones metodológicas que implican la concepción de las estructuras matemáticas, tanto en la determinación del objeto de esta ciencia como en las posibilidades de su sistematización y desarrollo. Los señalaremos y haremos posteriormente algunos comentarios.

a) La matemática se debe definir ahora como la *ciencia que estudia las estructuras matemáticas,* pues, según los Bourbaki, los únicos objetos matemáticos son, precisamente, estas estructuras.

b) Existe sólo una ciencia matemática dividida en una serie de disciplinas que logran su unidad gracias a la "estructura matemática" y al "método axiomático".[44]

c) En lugar de las partes tradicionales de esta ciencia: análisis, cálculo diferencial, álgebra, geometría, teoría de los números, que son esferas autónomas de hecho desligadas entre sí, se establece una jerarquía de estructuras que componen los vínculos internos entre las diferentes partes integrantes de esta ciencia.

d) Es sabido que el método axiomático fue uno de los factores que desempeñaron un papel de primer orden en el proceso de fundamentación de la unidad del saber matemático. Según la afirmación de los Bourbaki, dicho método fue la savia que nutrió todo el organismo de las matemáticas y el instrumento que utilizaron todos los grandes matemáticos en su análisis de los conceptos básicos de esta ciencia. Es cierto

que dicho método pudo cumplir esta función sintetizadora sólo después de una serie de transformaciones que tuvieron como resultado el paso de la axiomática concreta a la axiomática abstracta, en la que los axiomas fueron considerados formas abstractas capaces de adquirir, según el tipo de interpretación, una u otra forma abstracta.

La generalización del método axiomático permitió: 1) un análisis amplio y profundo de la esencia de la matemática, ya que el descubrimiento de la unidad interna de las teorías matemáticas abre el camino para el establecimiento de ciertos principios o ideas generales; 2) lograr una economía de pensamiento, pues para el análisis de cualquier nueva estructura matemática será posible, con mayor amplitud, recurrir a los procedimientos y teoremas elaborados para el estudio de otras estructuras.

Como ya habíamos señalado, el desarrollo de las ideas sistémicas en la matemática está ligado esencialmente al concepto de *estructura*, el cual, como hemos podido ver hasta el momento, tiene en esta ciencia un contenido muy amplio, y se identifica con frecuencia con otros conceptos del enfoque sistémico y, en primer término, con los conceptos de sistema y totalidad. Testimonio de esta identificación son las definiciones de estructura matemática que nos ofrece Noel Mouloud. Este autor señala que el concepto de estructura en las "ciencias exactas" presenta dos definiciones básicas:

> En el primer caso el término estructura designa el carácter, en principio "relacional", de los fenómenos objetivos de estas ciencias. Las ciencias no pueden estudiar los hechos tomados por separado: ellas estudian conjuntos o complejos, cuyas partes integrantes se determinan por las diferentes formas de su interacción interna, por las leyes de la determinación mutua.[45]

Este tipo de estructura recibe el nombre de "estructura-totalidad", mientras que en el segundo caso la denominamos "estructura-sistema"; se definen así: "La estructura es un conjunto de elementos determinados por ciertas relaciones de un carácter tal, que resulta posible deducir todas las propiedades relacionales a los elementos, cuando están dadas las reglas operacionales que permiten la transformación de las relaciones dominantes."[46]

En la matemática, según este autor, estos dos tipos de estructuras coinciden, por ello esta ciencia es la "más racional y exacta".

La valoración del desarrollo de las ideas sistemo-estructurales en la matemática muestra que éstas, sin duda, aportaron nuevos elementos y criterios que impulsaron el desarrollo de esta ciencia. Es evidente que uno de los resultados más importantes logrados en el proceso de fundamentación de las nuevas teorías sobre el objeto de la matemática es la elaboración del concepto de estructura matemática y, en primer término, el de estructura matemática abstracta. Se trata de un concepto básico para esta ciencia, que permite la elaboración de una teoría general de las matemáticas y refleja el hecho de que la investigación de la realidad matemática no se limita al análisis de su contenido concreto, sino que se centró en el estudio de aquellas propiedades que caracterizan las interrelaciones fundamentales existentes entre los objetos matemáticos. Esto se refiere a las ya mencionadas estructuras generadoras: las algebraicas, las topológicas y las de ordenación, como a las denominadas estructuras complejas o múltiples que surgen como resultado de las posibles combinaciones de las primeras.

No es fácil observar que estas conclusiones teóricas, pese a que en efecto crean nuevas perspectivas para el desarrollo de esta ciencia, en muchos aspectos están en contradicción con una serie de definiciones aceptadas por no pocos matemáticos y filósofos contemporáneos, y, a primera vista, parecen estar en contradicción también con ciertos aspectos de la definición de la matemática y de su objeto, dada por Engels en trabajos tan conocidos como el *Anti-Dühring* y la *Dialéctica de la naturaleza*. La matemática pura, diría Engels, "tiene por objeto las formas espaciales y las relaciones cuantitativas del mundo real".[47]

Se puede objetar que no merece la pena ponerse a analizar esta definición, ya que, cuando Engels la formuló, aún no se habían desarrollado aquellas ramas de la matemática que más contribuyeron a los cambios que hemos señalado, ni se habían definido todavía los conceptos sistémicos y el método estructural. Y que, por tanto, esta definición se refería sólo a la matemática clásica y sus problemas.

Éste sería un camino fácil pero falso, pues esta definición es aceptada en la actualidad por importantes autoridades en la esfera de la matemática, por ejemplo, Kolmogorov y Alek-

sandrov en la Unión Soviética; porque tal contradicción es más bien aparente que real.

La definición de Engels destaca dos cuestiones: la objetividad de los fenómenos que estudia la matemática y el hecho de que ésta estudia dos tipos de objetos: "las formas espaciales" y "las relaciones cuantitativas".

La primera de estas cuestiones fue de gran importancia y, posiblemente, en los tiempos de Engels, y en los citados trabajos, constituyó la cuestión central. La solución que encontramos en los escritos de Engels es inobjetable y constituye la base de la concepción dialéctico-materialista de esta ciencia. Recuerden esta otra idea de Engels:

> Es absolutamente falsa la afirmación de que en la matemática pura la razón tiene que vérselas sólo con los productos de su propia creación e imaginación. Los conceptos de número y figura se han tomado no de cualquier lugar, sino exclusivamente del mundo real. Los diez dedos, por los que los hombres aprendieron a contar, o sea, a realizar la primera operación aritmética, pueden ser cualquier cosa menos un producto de la creación libre de la razón (...). Lo mismo el concepto de número que el concepto de figura se han tomado exclusivamente del mundo externo y no surgieron en la cabeza como resultado del pensamiento puro. Tenían que haber existido objetos, con una forma determinada, y estas formas tenían que haber sido comparadas, antes de haberse podido llegar al concepto de figura que se ha tomado exclusivamente del mundo externo, y no surgieron en la cabeza como resultado del pensamiento puro.[48]

La segunda cuestión que Engels plantea es la que parece no corresponder a los criterios contemporáneos, según los cuales, como ya hemos señalado, el objeto de la matemática son las relaciones en general y no sólo las cuantitativas. Lo que se debe al hecho de que en la actualidad se ha ampliado considerablemente tanto el sentido del término "relaciones cuantitativas" como "formas espaciales", lo que ha exigido definiciones nuevas.

Por eso algunos científicos proponen añadir a la definición de Engels, aceptable en su esencia, las siguientes palabras: "y otras relaciones y formas similares". A esto se ha objetado, y a nuestro modo de ver no sin razón, que la

historia de la matemática muestra que en el desarrollo de esta ciencia se ha ido paulatinamente enriqueciendo el tipo de relaciones cuantitativas, de tal modo que hoy día el contenido del concepto "cantidad" incluye no sólo los números y las magnitudes, sino las relaciones en general, abstraídas de su contenido concreto y tratadas con precisión isomórfica.

Esta interpretación de la cantidad permite considerar todo tipo de relaciones y formas espaciales como un caso particular de las relaciones cuantitativas. Ésta era la posición de Sofía Ianovskaia, expuesta en el segundo tomo de la *Enciclopedia filosófica,* en el artículo "La cantidad en la matemática"; y ésta es también, según nuestro criterio, la posición de Kolmogorov.

Por último, acerca de este problema quisiéramos señalar que la teoría de "las estructuras matemáticas" no es el único camino que, ante las nuevas exigencias que el desarrollo general de las ciencias plantea a esta ciencia, aporta soluciones nuevas. Como es bien conocido, el llamado análisis funcional también ha obtenido resultados muy positivos, al conseguir sintetizar los métodos del análisis, el álgebra y la geometría, colocando también el problema de la diversidad de las relaciones —no sólo las cuantitativas en su definición clásica— en el centro de sus elaboraciones teóricas.

Como sabemos, los criterios estructurales se han venido aplicando con éxito, además de en la matemática, en otras ciencias que de manera inmediata asimilaron los resultados positivos obtenidos en un alto grado de abstracción en la matemática. Entre éstos pueden mencionarse la cristalografía y el estudio de la teoría de la melodía musical.

Cabe señalar que ya a este nivel, y basándose en una experiencia aún limitada, algunos investigadores manifestaron su convicción de que estos resultados eran suficientes para aceptar la eficacia del análisis basado en métodos que tenían presente el carácter sistémico y la organización estructural de los fenómenos reales.

Pero, si en aras de una definición concisa, quisiéramos sintetizar los rasgos característicos de la estructura que en estas ciencias han sido descubiertos, y lograr así una definición del método que estamos estudiando, nos deberíamos limitar a lo siguiente: *El método estructural es aquel que se basa en la primacía de las relaciones con respecto a los elementos en el desarrollo y funcionamiento de los sistemas.*

Es importante señalar que en determinadas condiciones, y al aplicarse a ciertos objetos con características muy peculiares, este método, en efecto, ha dado resultados positivos. El ejemplo de la cristalografía es posiblemente el más alentador; pero también son muy interesantes los resultados obtenidos en la elaboración de la teoría de la melodía musical.

No obstante, es necesario señalar que los objetos que estas teorías estudian, ofrecen ciertas características y particularidades que condicionan la posibilidad de estos resultados positivos:

1. Son sistemas de articulaciones muy precisas.

2. Están formados por elementos discontinuos relativamente simples: sonidos, moléculas.

3. Las relaciones entre estos elementos también son discontinuas, es decir, cambian bruscamente en forma de saltos.

4. El número de elementos es limitado.

5. Por medio de operaciones lógicas y matemáticas es posible establecer exactamente el tipo y el número de las combinaciones posibles.

Pero si en la cristalografía la aplicación de estos criterios ha establecido ya el número exacto de todos los posibles tipos de cristales, no ocurre lo mismo en la teoría musical, donde los problemas no se pueden resolver de la misma forma, debido a una mayor complejidad del objeto.

Todo lo que hemos señalado se conoce desde hace ya algún tiempo, pero ni la aplicación exitosa del método estructural en la matemática, ni en la cristalografía, ni sus resultados en la construcción de instrumentos musicales, originó o dio vida a ningún amago de filosofía estructuralista. Solamente cuando este método y estos criterios fueron aplicados y desarrollados en ciencias con objetos más complejos, por ejemplo, en la biología, y en una ciencia social, la lingüística, fue que se planteó la tarea de la generalización teórica del enfoque sistémico y surgió la "moda estructuralista", que contrapuso ciertos aspectos del enfoque sistémico, desligados entre sí, a los métodos particulares de las ciencias: el método histórico, por ejemplo.

Las ideas sistémicas en la biología

En la formación de la conciencia sistémica, es decir, en la comprensión de que los sistemas pueden ser un objeto específico del conocimiento científico, la biología ocupa un lugar destacado, al ser esta ciencia una de las que reclaman para sí la prioridad en la formulación y definición de la problemática sistémica, la elaboración del aparato conceptual del enfoque sistémico, y los primeros intentos de lograr una síntesis teórica del método sistémico.

Ha sido sin duda en la biología donde los conceptos de totalidad, sistema, estructura, elemento, formas de organización, niveles estructurales y retroalimentación, han alcanzado un alto nivel de abstracción y una generalidad que ha permitido su utilización en otras esferas isomórficas de la realidad: la cibernética, la antropología, etcétera. Lamentablemente este hecho a veces se ignora por los propios biólogos, que prefieren "reimportar" a la biología estos conceptos de otras ciencias, y abordar los sistemas biológicos "desde las posiciones del concepto cibernético de los sistemas".

Por otra parte, no es una casualidad el fenómeno "inverso", o sea, el hecho de que en la historia del desarrollo de las teorías sistémicas generales hayan sido dos biólogos, Bagdanov y Bertalanffy, los primeros en buscar esa teoría general, los primeros en establecer que la evolución de la ciencia contemporánea se caracteriza por el surgimiento, en las diferentes ciencias particulares, de una serie de ideas y métodos similares que ponen en el orden del día la necesidad de su síntesis teórica.

Como sabemos, las conclusiones a que llegaron estos autores, pese a que ellos tuvieron conciencia de los peligros reduccionistas y los intentaron superar, ofrecen un enfoque unilateral del problema, y en ellas, a pesar de todo, prevalecen los criterios biológicos y no se logra alcanzar el nivel científico general.

Las ideas sistémicas que se formulan en el proceso de desarrollo de la biología están estrechamente ligadas a otra tarea que esta ciencia había llevado a cabo en la primera mitad del siglo: la elaboración de una teoría biológica general, la que al lograrse parcialmente obtuvo como resultado no sólo un avance significativo de esta ciencia, sino también la elaboración de un conjunto de principios de investigación de

un alto grado de universalidad, entre ellos, los principios del enfoque sistémico.

Si hacemos un esfuerzo por lograr una visión de las etapas más importantes del desarrollo de la biología teórica, es posible señalar lo siguiente: ya en el siglo XVIII, pero en forma más marcada a principios del XIX, los naturalistas, y en parte algunos filósofos con inclinación naturalista, al abordar el problema de la vida partían de la necesidad de tratar todo fenómeno vivo como algo organizado, como un tipo de organización, es decir, llegaban a la conclusión de que la vida es una propiedad que exige una forma de organización de la materia. Por ejemplo, Saint-Hilaire hijo, autor de la primera *Biología general*, definió la vida como "la organización en acción"; K. M. Shlaiden, creador de la teoría celular, consideraba que los cuerpos vivos se distinguían por "el grado de organización".

La conocida hipótesis de la "plastidula", debida a E. Haeckel, se basaba en la existencia de varios niveles estructurales del protoplasma. Spencer, a su vez, desarrolló estas ideas al considerar que estos niveles tenían un carácter dinámico, y denominó estos niveles "unidades biológicas".

Ya durante este período se manejan conceptos como "sistema" y "totalidad orgánica", pero siguen predominando los criterios reduccionistas, sobre todo en las concepciones materialistas. Este reduccionismo busca el modo de expresar las formas superiores de organización por medio de las inferiores; los procesos biológicos por los físico-químicos; la complejidad por la interacción de los átomos, moléculas y células. Con ello, se negaba de hecho la diferenciación cualitativa existente entre las distintas formas de organización de lo vivo. A su vez, aquellos que combatían las ideas reduccionistas y negaban la imposibilidad de expresar las leyes de la vida orgánica por las leyes físico-químicas, por regla general se inclinaban o mantenían posiciones vitalistas.

Naturalmente, en la lucha entre estas dos corrientes predominantes, el materialismo mecanicista y reduccionista, y el vitalismo con su tendencia idealista, no se llegó a conclusiones satisfactorias ni en el terreno experimental ni en la biología teórica.

No obstante, en el plano teórico, surgen a principios de siglo una serie de teorías que es necesario tener presente al tratar el problema de los niveles estructurales de lo vivo y las características del desarrollo de las concepciones sistémicas en la biología. Nos referimos, en primer término, al conjunto de

teorías organísmicas, nombre que agrupa un conjunto de teorías que, con un fundamento idealista, interpretan la totalidad orgánica y el proceso de surgimiento de nuevas propiedades en el proceso de desarrollo de los objetos vivos. (Su denominación fue propuesta por Bertalanffy.)

Entre estas teorías podemos destacar como las más conocidas:

a) El *organicismo*, término propuesto en el año 1918 por el fisiólogo D. S. Haldane y, sin embargo, introducido inicialmente por un vitalista del mismo nombre ya a fines del siglo XVIII.

b) La *Teoría de la evolución emergente*, elaborada inicialmente por Alexander y expuesta por Morgan en los años 1921-1922.

c) El *holismo*, o teoría de la totalidad, elaborada por J. Smuts en los años 1926-1927 y desarrollada en el plano deísta por H. Meyer Abich.

d) El *indeterminismo orgánico*, teoría que hace su aparición en la década de los años 20, y que en su forma más completa está expuesta en el libro del fisiólogo norteamericano R. S. Lillie, *La biología general y la filosofía del organismo.*

e) La *gestalt-psicología*, en los marcos de la cual se intentó crear una teoría general de los sistemas materiales.

En los años 20 de este siglo, dos filósofos materialistas norteamericanos, G. Ch. Braun y P. V. Selars, formulan el concepto de niveles estructurales, conceptos que desempeñan un importante papel en el desarrollo teórico de la biología. Según estos autores, este concepto refleja el hecho de que la materia se caracteriza por la existencia de una jerarquía de niveles de diferente complejidad, los cuales se manifiestan y expresan por cualidades y leyes específicas. Cada nivel inferior está incluido en el superior y se debe considerar como un elemento de éste. En la época en que estas ideas fueron formuladas por los biólogos, los investigadores de otras ramas de la ciencia no les prestaron gran atención, y no se llegó a ver que estos planteamientos indicaban un camino para superar las deficiencias, tanto del materialismo mecanicista y el reduccionismo como de las teorías organísmicas. Sólo en los años 30 se emprende un estudio sistémico de estos problemas y se completa la labor sintetizadora realizada en esta etapa. Labor que, por un lado,

en el desarrollo de la biología, resume la etapa iniciada por Ch. Darwin con la elaboración de la teoría de la selección natural y la evolución, basada en los principios metodológicos generales del desarrollo y la unidad del mundo; y por otro, es la base del desarrollo ulterior de las ideas sistémicas en la biología, desarrollo que inician en las primeras décadas de este siglo científicos como R. Ehrenberg,[49] L. V. Bertalanffy,[50] E. S. Baner,[51] y otros que más tarde continúan y profundizan esta labor.

Una visión retrospectiva de esta etapa en el desarrollo de la ciencia biológica permite formular algunas conclusiones respecto del modo en que en esta ciencia se iba llegando a la idea de que sus métodos y principios podían servir de fundamento para una síntesis cognoscitiva más amplia, aplicable a otras ramas del saber. Según algunos investigadores,[52] un primer paso en este camino se efectúa cuando los biólogos descubren la importancia del análisis lógico-metodológico de la ciencia para el desarrollo de la biología teórica; y a pesar de que en las etapas iniciales los científicos interpretan de diferente modo los vínculos existentes entre la filosofía y la biología teórica, el reconocimiento de que tal vinculación existe va ganando terreno rápidamente.

Por otra parte, se hace evidente la necesidad de llevar a cabo un análisis crítico de las ideas teóricas ya existentes en las diferentes ramas de la biología, con el fin de determinar su posible utilización en síntesis teóricas más amplias; y se plantea la tarea de investigar la correlación existente entre los diferentes métodos de investigación, como fundamento básico para la solución de la cuestión de la elección de los fundamentos y los procedimientos del desarrollo de la teoría.

Como sabemos, en calidad de fundamento para el desarrollo teórico de la biología fueron propuestos diferentes principios —a veces considerados únicos y universales para todos los niveles de lo vivo—; unos encontrados y sintetizados en los marcos de la propia biología, otros traídos de fuera, por ejemplo, de la física o de la química.

En nuestro tiempo, en busca de tal fundamento, algunos proponen recurrir a la cibernética o a la "teoría general de los sistemas", aún en proceso de elaboración.

En correspondencia con la base propuesta para la teorización de la biología, según el científico soviético N. P. Depenchuk, se resuelven dos tipos de problemas: en un caso se destaca lo común que es característico para todo lo vivo y específico sólo

para él, o sea, los problemas de la unidad de lo vivo; en el otro, se destaca lo común que une la naturaleza orgánica e inorgánica, poniendo el acento en la solución del problema de la unidad de lo vivo y lo no vivo. En el primer caso la biología teórica es abordada como una disciplina independiente, en el segundo, como parte de la física o la química teórica.[53]

L. V. Bertalanffy, al descubrir los vínculos existentes entre los trabajos encaminados a elaborar los principios básicos de la biología teórica y la teoría general de los sistemas, considera que el eslabón que permitió unir estas dos teorías fue la teoría de los sistemas abiertos, elaborada inicialmente como una disciplina exclusivamente biológica.

> Con motivo del trabajo experimental sobre el metabolismo y el crecimiento, por un lado, y los intentos, por otro, de concretar un programa organísmico —escribe—, yo propuse en los años 30 un programa de teoría sobre los sistemas abiertos, basado más en el hecho trivial de que el organismo es un sistema abierto, que en alguna teoría biológica desarrollada existente en aquella época. Sobre esta base surgió la necesidad de extender la teoría física tradicional a la biofísica por medio de la generalización de los principios de la cinética y la teoría de la termodinámica; en los marcos de esta última fue elaborada la termodinámica de los procesos irreversibles. Más tarde fue posible una generalización mayor. Se estableció que para muchos fenómenos de la biología, y también para los fenómenos de las ciencias behavioristas y sociales, se pueden aplicar determinados conceptos matemáticos y modelos que no pueden ser aplicados a los objetos que se estudian en la física y en la química y, en este sentido, superan a la física como modelo de "ciencia exacta". Se hizo también evidente la semejanza estructural, el isomorfismo de estos modelos, elaborados para diferentes esferas; en este caso, en el centro, se situaron los problemas de la ordenación, la organización, la totalidad, la teleología, etcétera, que antes en forma deliberada se excluían del examen en la ciencia mecanicista. Ésta es en rasgos generales la idea inicial de la "teoría de los sistemas".[54]

La concepción organísmica de Bertalanffy, que sirve de punto de partida para la elaboración de las ideas sistémicas en

la biología, partía de la idea de que el organismo vivo no es un conglomerado de elementos aislados, sino un sistema caracterizado por su organización e integridad y, a la par, por un estado de constante desarrollo. El conocimiento de estos organismos exige, según Bertalanffy, la sustitución de viejos métodos de pensamiento utilizados por la biología —en primer término el método *analítico-sumativo*, según el cual el organismo, como un conglomerado, actúa o reacciona sólo ante la acción de factores externos, en forma *reflectiva*— para colocar en su lugar el método o enfoque sistémico en el cual el organismo tiene una estructura dinámica, o sea, es un sistema internamente activo.

Este nuevo estilo de pensamiento plantea como objetivo inmediato la formulación, en un lenguaje rigurosamente exacto y científico, de una comprensión nueva del organismo, el sistema vivo; lenguaje que exige la cooperación de la formalización lógico-matemática por medio de la cual se consideraba que sería posible expresar en forma teórica las propiedades, esencia y leyes que caracterizan a los sistemas vivos. Como sabemos, Bertalanffy recurre inicialmente al instrumental del aparato estadístico de la termodinámica. Esto se debió a que en la termodinámica ya se tenía cierta experiencia en la investigación de fenómenos de una complejidad mucho mayor que los objetos que describía la física clásica, y que por su composición (elementos) presentaban cierta analogía con los organismos vivos. La estadística termodinámica permitía a su vez describir los sistemas vivos con recursos mucho más variados, que eran aplicables a la conducta compleja —no mecánica— de los sistemas vivos. Además, los métodos de la termodinámica, ya en forma parcial, se habían utilizado con éxito por algunos científicos en los primeros años de este siglo, en otras esferas de la realidad.

A primera vista, pudiera parecer que los métodos de la termodinámica —por lo menos de la termodinámica clásica— son inaplicables a los sistemas vivos, ante todo por el carácter abierto de éstos, mientras que la termodinámica tenía como objeto el estudio de sistemas cerrados, los que, además de no tener vínculos con el medio, tenían, en calidad de procesos, las características de la reversibilidad. No obstante, un estudio más profundo demostró que los sistemas termodinámicos cerrados, al ser "liberados" de toda influencia externa, pasan por sí mismos a un estado de equilibrio caracterizado por un mínimo

de energía libre y una entropía máxima. De ahí que una primera aplicación de la termodinámica se justificase por la afirmación de que en el organismo existen sistemas que se caracterizan precisamente por un estado de equilibrio análogo al que se presenta en los sistemas termodinámicos y que, por tanto, podían describirse con el instrumental de la termodinámica.

Ahora bien, el organismo, en su conjunto, no es ni puede considerarse como un sistema cerrado en equilibrio. Es un sistema que mantiene su estabilidad relativa como resultado de un intercambio constante de sustancia, energía e información; este estado se denomina estabilidad dinámica. Para la descripción de estos procesos fue posible recurrir a la termodinámica, no a la clásica, es cierto, sino a la denominada termodinámica de los procesos irreversibles.

Esto fue lo que hizo en el año 1932 Bertalanffy cuando, al introducir en la biología teórica el concepto de "sistema abierto", consideró posible fundamentar teóricamente los principios de dichos sistemas biológicos en las ideas de las teorías termodinámicas de las cuales tomó también gran parte del aparato de descripción formal.

Al valorar la importancia de estas ideas en el desarrollo de la biología, I. I. Frolov escribe que "este enfoque permite abstraerse de la característica 'substrática' de los seres vivos, para examinar su organización en los diferentes niveles de la materia viva desde el punto de vista de aquellos principios generales que se manifiestan en su estructura".[55] Estos principios, según el propio Frolov, pueden ser expresados lo mismo en términos físico-químicos que en el lenguaje de la matemática, lo que abre un amplio camino para la utilización de métodos cibernéticos y muy especialmente para la teoría de los modelos en la biología.

Estas ideas fueron desarrolladas más tarde por el científico soviético I. I. Shmalgausen, quien fundamentó la necesidad de estudiar la evolución de los sistemas de autorregulación y autodesarrollo, y demostró que la característica básica de todo sistema biológico es la capacidad de autorregulación. En su conocido libro *Los factores de la evolución,* I. I. Shmalgausen escribió:

> Todos los sistemas biológicos se caracterizan por su mayor o menor capacidad de autorregulación, o sea, por la homoestasis. Por medio de la autorregulación se mantiene la propia existencia de cada sistema, su composición

y estructura con sus vínculos internos característicos y las transformaciones sujetas a leyes de todo el sistema en el espacio y en el tiempo.[56]

El estudio de las particularidades de la autorregulación y del autodesarrollo de los sistemas vivos y, en primer término, del carácter específico de "las transformaciones en el tiempo", llevó al "descubrimiento" del hecho de que lo vivo, a diferencia de los fenómenos físicos y químicos, posee una importante característica: la capacidad de la autorreproducción idéntica. Esta propiedad de lo vivo, que ha recibido la denominación de *reduplicación covariante*, es la premisa básica de la realización del proceso evolutivo de los sistemas biológicos. Según el biólogo soviético N. V. Timofeev-Resovski, sólo "donde tiene lugar la reduplicación covariante, o sea, la autorreproducción idéntica, vinculada al principio de la estabilidad finita de todas las estructuras, allí comienza a trabajar el único principio biológico posiblemente específico, el *principio de la selección*".[57]

Este autor afirma que el análisis del progreso evolutivo de los sistemas vivos y, con él, el paso de unos niveles a otros en el proceso del desarrollo, debe tener muy en cuenta el proceso de complicación de las estructuras de reduplicación desde el nivel molecular hasta el biogeocenótico.

Nos ha parecido importante señalar estos detalles en el proceso de elaboración de los principios sistémicos en la biología, no sólo por establecer los hechos en sí, sino porque, como ya hemos señalado, algunos investigadores al tratar estos problemas se olvidan o ignoran cuál fue el camino seguido en la instrumentación del enfoque sistémico como método de la ciencia biológica y el papel que cumple la propia biología en el proceso de elaboración de la teoría general de los sistemas. Así, M. Mesarovic afirma que él examina el enfoque sistémico en la biología como la aplicación de la teoría de los sistemas al estudio de los fenómenos biológicos. Por ello, dice Mesarovic, "el objeto de este artículo es la teoría de los sistemas o, más exactamente, la capacidad de la teoría de los sistemas para elaborar los fundamentos conceptuales y los métodos de explicación de los fenómenos biológicos".[58]

A nuestro modo de ver esta afirmación implica una interpretación inadecuada y simplista de la correlación de los planos lógico e histórico de este problema. En primer término, creemos que esta "teoría general de los sistemas" aún está por elaborarse, y que, a pesar de los resultados logrados en los últi-

mos decenios, es aún difícil vislumbrar los contornos definitivos y las implicaciones metodológicas de esta "teoría general"; y, en segundo lugar, es evidente que, pese a la inexistencia de esa teoría, la biología ya hace mucho tiempo que viene utilizando el enfoque sistémico y el instrumental conceptual sistémico; es más, la propia biología, al estudiar los objetos biológicos como sistemas, está aportando elementos valiosísimos para la elaboración de esa buscada "teoría general".

Por lo expuesto, consideramos que el desarrollo de las ideas sistémicas en la biología llevado a cabo por Bertalanffy y, en particular, su primera variante de la "teoría general de los sistemas", no fue una aplicación de cierta teoría general abstracta, sino que tenía como fundamento la idea de la posibilidad de aplicar a los sistemas biológicos abiertos ciertas teorías físicas: la termodinámica y la cinética física. Inicialmente, la teoría de los sistemas abiertos elaborada en estas ramas de la física logró explicar con cierto éxito el proceso del metabolismo en la materia viva y otros fenómenos biológicos. Pero ya en los años 30 el propio Bertalanffy llegó a la conclusión de que el carácter "abierto" de la relación de intercambio entre el organismo vivo y el medio externo, en sus tres aspectos básicos: energía, sustancia e información, era sólo una de las características de esos organismos, que se presentaba como fundamental por el hecho de que no se tenían presentes otras características básicas de los organismos vivos, como por ejemplo, la existencia en ellos de varios niveles de organización estructural y las formas muy variadas de interrelación e interdeterminación de éstas, así como los procesos de autorregulación y autodesarrollo.

Una vez descubierta esta variedad de características, Bertalanffy se dedicó a la búsqueda de propiedades análogas a las establecidas en la biología, con el fin de encontrar en un plano más amplio las propiedades que deben caracterizar el enfoque sistémico con un método general; sabemos que Bertalanffy estudió para ello los objetos de un amplio grupo de ciencias, desde la biología hasta la lingüística y la teoría del arte. Los resultados logrados por esta vía rebasan los marcos de lo biológico y, por tanto, serán examinados en otra parte del presente trabajo.

Una de las conclusiones más importantes a las que han llegado los científicos al estudiar la posibilidad de la aplicación

de los resultados de la biología en la elaboración del enfoque y el método sistémico, es la idea de que:

> En la etapa actual el eslabón más efectivo y necesario en la biología, para el desarrollo de la teoría de los sistemas, es la elaboración de la doctrina sobre las estructuras (...) pues (...) la efectividad del enfoque estructural se hace especialmente evidente en la biología, en la que se entrelazan gran número de aspectos diferentes y factores diversos de modo tal, que los parámetros cuantitativos resultan muy variados igual que las características cualitativas, mientras que las regularidades estructurales son bastante estables.[59]

Estas ideas, expuestas por el conocido científico soviético A. A. Malinovski, nos dan la clave para la comprensión precisa del lugar de la biología en el proceso de desarrollo de las ideas sistémicas.

Como sabemos, todos los objetos denominados o considerados sistémicos se pueden examinar tomando como punto de referencia tres características básicas: 1) el aspecto cualitativo de sus componentes básicos o elementos; 2) las características cuantitativas; 3) las formas y tipos de vinculación y ordenación interna, esencialmente su *estructura.*

El análisis cualitativo y los métodos de estudio cualitativos son característicos para todas las disciplinas científicas, o sea, constituyen y han constituido en el pasado la *base objetiva* de todas las ciencias y teorías científicas. Los métodos cuantitativos, que cada día adquieren un campo más extenso de aplicación en las diferentes ciencias, han tenido y siguen teniendo una disciplina o grupo de disciplinas científicas que las sintetizan: la matemática.

El enfoque estructural aún no ha logrado su divulgación general ni ha surgido una disciplina específica; la cibernética, como sabemos, no ha llegado aún a elaborar una teoría especial o general de las estructuras, y la matemática se ha concentrado en su análisis formal.

Es la biología la que, debido a las características específicas de su objeto (sus objetos), ha avanzado más por este camino. Aquí cabe señalar que las tres direcciones de estudio mencionados no se pueden separar en forma absoluta, pues es evidente que el enfoque cuantitativo exige una compren-

sión clara de la diferenciación no sólo cualitativa, sino también estructural, ya que el investigador no puede permanecer indiferente a la relación estructural de las magnitudes que manipula, y, sin ello, no sabría qué hacer: sumar o multiplicar. Es decir, el tipo de operaciones a realizar está ligado a la interrelación de las estructuras de los sistemas que se analizan cuantitativamente; si bien es cierto que esto se hace con frecuencia en forma "intuitiva."

La *biología teórica* tiene una historia muy breve en el tiempo. Algunos investigadores, por ejemplo, el citado A. A. Malinovski escribe: "Si somos exactos, posiblemente tendríamos que decir que la biología teórica, como tal, se ha empezado a estructurar sólo en la actualidad."[60]

Pero esto no significa —según el mismo autor— que no existieran anteriormente algunos trabajos de un profundo contenido teórico y hasta fundamentales. Lo más característico de estos trabajos, así como de la biología teórica de hoy, es, precisamente, el *enfoque estructural.*

Darwin fue el primero en aplicarlo y fundamentarlo rigurosamente al establecer la interrelación estructural entre la herencia, la mutabilidad y la progresión geométrica de la reproducción.

Las ideas de Darwin fueron el fundamento que permitió aplicar más tarde métodos cuantitativos al enfoque estructural; esos métodos, a pesar de haber llevado a importantes resultados, no han podido superar por su significado lo logrado por Darwin.

Otra importante rama de la biología teórica, la vinculada a la fisiología, también se desarrolló sobre la base de criterios estructurales. Sechenov, Pavlov y Anojin desarrollaron ampliamente la teoría de la *retroalimentación negativa* como fundamento de los procesos vitales y condición indispensable del *equilibrio* de los organismos. Estas ideas continuaron desarrollándose en la biología teórica contemporánea, teniendo como resultado la elaboración de la teoría de la *retroalimentación positiva,* condición básica del desarrollo de los organismos, o sea, de su *desequilibrio.*

La idea de que todos los objetos biológicos representan y pueden ser estudiados como determinados niveles en el desarrollo de la materia viva, caracterizados por un tipo específico de organización estructural, la cual condiciona o está estrechamente vinculada a las formas básicas de la organización de la materia, se convierte en la biología en una de las ideas

centrales y más fructíferas ya desde el siglo XIX. La interrelación entre el desarrollo y la organización se patentiza en la biología —en la ciencia sobre la materia viva— en forma mucho más evidente que en cualquier otra ciencia. Sin embargo, estos vínculos, así como la idea de que el desarrollo se puede considerar desde el punto de vista de la existencia de diferentes niveles de organización, son característicos no sólo para lo vivo, sino para todas las formas de movimiento de la materia, desde las más elementales a la social.

El hecho de que en la biología esto sea más visible determina su posición de avanzada en la elaboración de las ideas sistémicas, así como el valor metodológico de las conclusiones que sobre los niveles estructurales se han formulado en esta ciencia. Es cierto que el significado metodológico de la concepción de los niveles estructurales en la biología no coincide con el significado metodológico que a este problema hoy se le pretende dar en las teorías sistémicas en proceso de elaboración.

Pero no es menos cierto que sería un error no querer ver los vínculos existentes entre estos dos aspectos de la teoría sobre las estructuras, y sobre todo el papel que estas ideas desarrolladas en la biología han desempeñado para la fundamentación de los principios generales del enfoque sistémico, como un fenómeno de carácter científico general.

Creo que bastaría con el análisis superficial de cómo en la biología se ha planteado y formulado el problema de las estructuras y los niveles estructurales, para darse cuenta que los conceptos científicos generales que se utilizan en las teorías sistémicas, tales como "sistema", "estructura", "elemento", "totalidad", "parte", "subsistema", etcétera, habían sido ampliamente definidos y utilizados en la biología.

Por otra parte, en la biología teórica el problema de la unidad material del mundo se había venido planteando desde un punto de referencia a primera vista opuesto al que nos lleva a descubrir lo común y lo universal de todos los fenómenos que se describen con los conceptos sistémicos que acabamos de enumerar. Decimos a primera vista, pues se trata de la *universalidad de lo complejo*, comprendido éste como el resultado, como la unidad de las formas precedentes, como la manifestación de la diversidad que esta universalidad compleja representa, pero que, visto con más profundidad, nos permite descubrir una *base común* con el proceso anterior,

y ésta es la concepción de los *niveles estructurales de la materia viva.*

De esta manera, el desarrollo de la biología teórica descubre que las ideas de los niveles estructurales permiten elaborar una concepción teórica de los objetos vivos, que sintetiza las dos formas básicas de examinar todos los fenómenos: la que descubre la unidad y la interrelación que se da en lo simple y la que describe la diversidad y la especificidad de lo complejo; es decir, expone en forma coherente la unidad de los contrarios en todo proceso de desarrollo.

Es evidente que una exposición más o menos detallada del desarrollo del pensamiento sistémico en la biología exige un trabajo más extenso y profundo que el presente. Como ya hemos señalado, en él nos hemos propuesto abordar tan sólo algunas de las ideas y definiciones básicas que caracterizan el aporte de la biología al desarrollo del enfoque sistémico y que ofrecen un interés especial para comprender el proceso de génesis de este enfoque en la ciencia contemporánea, su sistema conceptual y sus métodos.

Desde un comienzo, queremos señalar una vez más una idea que hemos repetido en reiteradas oportunidades: estas definiciones surgen dentro de la propia biología y, fundamentalmente, en la biología teórica, y no son, salvo algunas excepciones, el resultado de la aplicación *a posteriori* de ciertas concepciones *sistémicas* elaboradas fuera de los marcos de la biología por otras ciencias o por uno u otro modelo de teorías generales de los sistemas.

Entre los múltiples trabajos publicados sobre estos problemas durante el último decenio, ofrecen un interés especial, desde nuestro punto de vista, los del conocido biólogo soviético A. A. Malinovski, en los que se exponen algunas de las ideas básicas del enfoque sistémico en la biología y se ofrece una interpretación dialéctico-materialista de la teoría biológica de las estructuras y los sistemas.[61] Esta teoría, como hemos señalado, se diferencia sustancialmente de las versiones estructuralistas que en estos últimos años han estado en boga en algunas ciencias sociales. Esta diferencia radica en que, según Malinovski, el enfoque estructural en la biología —el estructuralismo biológico— está indisolublemente vinculado al enfoque evolutivo, a la teoría de la evolución, a la afirmación de que no se pueden separar los procesos de funcionamiento

y desarrollo; la estructura de los sistemas biológicos, de su evolución: de la historia.

Según el criterio de este autor, la investigación sistémica se inicia propiamente como tal en la biología sólo desde el momento en que se logra diferenciar la estructura de los objetos y ésta se somete a un análisis especial que rebasa los marcos de la "cualidad" y la "cantidad" de los elementos. Es más, sólo con la diferenciación de la estructura se puede decir que se logra la diferenciación de los objetos como una totalidad, como un todo. Es la estructura la que permite expresar la invariabilidad relativa de los objetos. O, en otros términos la invariabilidad es la característica más relevante de la estructura biológica, la cual se define como *el conjunto de vínculos estables de los objetos* de esta ciencia.

Pero resulta —y esto es de suma importancia— que la teoría de las estructuras biológicas es, por una parte, insuficiente para explicar los sistemas biológicos, y por otra, más amplia que la teoría de los sistemas biológicos.

En el primer caso, no es difícil observar que la teoría de las estructuras describe sólo un aspecto de los sistemas biológicos: sus características invariantes. Otros aspectos, por ejemplo, el funcionamiento, el desarrollo, los aspectos dinámicos del sistema, no son abordados con suficiente plenitud por ella. No es que los ignore, ni menos aún que se contraponga a ellos, o los niegue, pero no los estudia en forma específica.

En el segundo, también es evidente que la teoría de las estructuras puede incluir tipos de vínculos que enlazan amphos grupos de objetos biológicos que no se pueden considerar rigurosamente como sistemas.

Es natural que a todo lector de estos planteamientos, en uno u otro momento le surja la pregunta ¿cuál es la utilidad de este enfoque?

En el informe de Malinovski esta pregunta la formula el propio autor cuando dice: "Y una última cuestión, ¿qué nos da el enfoque de los sistemas biológicos desde el punto de vista de las estructuras, si en efecto nos da algo?"

La respuesta que el mismo autor nos ofrece es positiva, y se puede resumir así: el enfoque estructural tiene un indudable valor cognoscitivo al permitir explicar por qué en unos casos el desarrollo sigue un camino y en otros uno diferente, o por qué las reacciones nerviosas en unos casos son rígidas, están vinculadas a determinadas formas de conducta, y en otras no; también permite establecer un enfoque determinado

del curso y la curación de diferentes enfermedades según su tipología estructural; y es la teoría de las estructuras la que permite solucionar importantes tareas prácticas en el uso de los antibióticos y los insecticidas, etcétera. En breves palabras, según Malinovski:

> La efectividad estructural en la biología está condicionada por el hecho de que aquí nos encontramos ante múltiples incógnitas. En este sentido se puede trazar una analogía con la teoría de las probabilidades: utilizarla para dos magnitudes no sería efectivo, pero ella es imprescindible al estudiar la interacción de un número grande de magnitudes. Del mismo modo, allí donde tenemos incógnitas es posible establecer los rasgos comunes de las estructuras, y podemos utilizar la teoría de las estructuras para establecer las particularidades de los sistemas y su lugar entre los otros sistemas.[62]

En la conferencia dedicada a los niveles estructurales de los biosistemas (Moscú, 1968) encontramos varios enfoques del problema de las estructuras biológicas y, naturalmente, sus respectivas difiniciones.

Así en el trabajo de Vedenov, Kremianski y Shatalov, *El desarrollo de las concepciones de los niveles estructurales en la biología,* encontramos una definición más extensa de estructura biológica:

> De esta manera —escriben— la definición general de estructura debe ser la siguiente: la estructura es una determinación estable del carácter discreto de las partes —subsistemas— y los elementos del sistema como un todo y de las fases o etapas de los procesos, de sus cambios y desarrollo y, también, una ordenación entre estas partes, elementos o fases.[63]

Según estos autores, el concepto de estructura está estrechamente ligado al concepto de ley y esencia.

Las leyes lo mismo que la estructura expresan lo estable y lo invariante del sistema y su conducta. Pero las leyes expresan por separado estas características; sólo el conjunto de leyes es el que logra expresar la ordenación específica del objeto como un todo. De ahí que en cierto aspecto la estructura se

pueda definir como "el conjunto de leyes propias del sistema dado que determinan su forma y conducta como un todo".[64]

Una de las cuestiones más difíciles en el proceso de elaboración de la biología teórica es la cuestión de los niveles de organización e, indisolublemente ligado a ello, el problema de los niveles estructurales. Es evidente que la definición de estructura y la elaboración del concepto "estructura", en parte, abre un camino para la solución correcta de estos problemas.

Ahora bien, el propio concepto "nivel" ha exigido una atención especial motivada por el hecho de que su interpretación y definición no ha sido ni es univalente, en lo que se refiere a su relación con otros conceptos fundamentales de la biología teórica. Esto se debe en parte al hecho de que los niveles de lo vivo constituyen una jerarquía, y que a cada nivel le corresponden sus propias leyes, las cuales son estudiadas por diferentes ciencias biológicas entre las que, siguiendo este orden jerárquico, pudiéramos enumerar como ejemplos: biología molecular, genética molecular, bioquímica, biofísica, citología, fisiología, genética de poblaciones, ecología, biogeoquímica, etcétera. Es un hecho evidente que con frecuencia los conceptos de niveles elaborados en las diferentes disciplinas biológicas no coinciden entre sí. Esto condiciona, o explica, el motivo por el cual el concepto de "nivel", básico no sólo para la biología, sino para las ciencias naturales en general, tiene también definiciones diferentes.

Para unos, con este concepto se designa el grado de organización de los objetos materiales a un nivel ontológico y es un elemento de primer orden para la elaboración del cuadro científico del mundo, que no se debe por tanto relacionar con los métodos utilizados para su investigación. Para otros, la fragmentación de la realidad biológica en "niveles" se debe identificar con el método por el cual éstos se establecen; con frecuencia, en estos casos los conceptos de nivel y estructura son difíciles de diferenciar, ya que la existencia de ambos queda supeditada al procedimiento elegido para lograr la fragmentación, pese a que se considere que ésta no puede ser arbitraria, y debe basarse, en última instancia, en la tipología de los vínculos que caracterizan el objeto de la biología. Unos terceros van aún más allá y consideran que el concepto de nivel refleja tan sólo los resultados de aplicación de diferentes métodos a los objetos biológicos, o sea, refleja una diferenciación supeditada exclusivamente a las tareas investigativas. Y por

último, hay quienes llegan a afirmar que el concepto "nivel" no tiene nada que ver con la realidad, siendo las propias características del conocimiento y la aplicación de uno u otro lenguaje descriptivo el artífice de éste y otros conceptos utilizados en las construcciones teóricas.

Según nuestra opinión, el concepto "nivel" debe, en primer término, reflejar el grado de diferenciación o complejidad de los objetos biológicos, tanto en lo que se refiere al substrato material (elementos) como al tipo de vínculos que los caracterizan (estructura); en segundo lugar, debe reflejar también los métodos utilizados para su diferenciación, investigación y reconstrucción teórica; y por último —y esto posiblemente sea lo más importante— este concepto debe describirnos, o mejor dicho, contribuir a la descripción de la unidad genética de lo vivo, a la descripción de cómo los diferentes niveles se vinculan entre sí en los marcos de un sistema biológico único. En un plano aún más amplio, el concepto de nivel debe contribuir también a la descripción de la unidad genética estructural del mundo material.

En el plano teórico, el problema de la clasificación de los niveles de lo vivo se puede plantear en dos planos estrechamente vinculados: el *ontológico*, que reflejará la existencia de diferentes peldaños o eslabones relativamente homogéneos de organización de los objetos biológicos; el *gnoseológico*, que reflejará las etapas en el proceso del conocimiento de lo vivo y descubrirá las leyes, el sustrato material y los vínculos de dichos objetos como resultado de la penetración del conocimiento en la esencia de lo biológico. Este problema se planteó reiteradas veces durante la discusión de 1968, que ya hemos mencionado, y fue definida en las palabras finales de E. G. Iudin en los siguientes términos:

> ... en la investigación de los objetos complejos, ante nosotros se encuentra no sólo una realidad, no sólo el objeto que estudiamos en sí: nosotros no nos debemos limitar simplemente a lograr la anatomía del sistema, su morfología, su descripción funcional, o incluso el conocimiento de la estructura del sistema; ante nosotros está también otra realidad: el investigador y los medios lógicos, conceptuales e instrumentales de que disponga. Si esto se tiene en cuenta, entonces la investigación de una realidad tan compleja como es la biológica, es un problema, el éxito en la solución de la cual dependerá en igual medida,

tanto de como logremos captar el propio objeto, como de la toma de conciencia de la dependencia de esta captación de los medios conceptuales de que disponemos.[65]

Estos planteamientos tienen un gran valor metodológico, pues marcan una pauta importante a seguir en el proceso de síntesis teórica del enfoque sistémico. Formulados como resultado del estudio de los objetos biológicos vienen, en última instancia, a desembocar en la misma cuestión que, a un grado mayor de abstracción, examina la filosofía: la relación existente entre la realidad objetiva y sus "propiedades sistémicas" y los sistemas cognoscitivos (teóricos) que las reflejan.

Por ello, al abordar en las discusiones mencionadas el problema central que los motivó —la determinación del concepto de sistema y las particularidades del enfoque sistémico en la biología—, se prestó singular atención al aspecto gnoseológico del problema, y se llegó a la conclusión de que, tanto la definición de sistema como sus características básicas, no pueden ser separadas de los objetivos de las investigaciones, que utilizan como instrumento o método el enfoque sistémico, y que, por tanto, el concepto de "sistema" no implica un simple cambio de nombre en los objetos concretos que se examinan como sistema.

El enfoque sistémico es por tanto un método, o un modo de abordar el estudio de los fenómenos complejos. Estos fenómenos pueden ser estudiados por otros métodos, pero los resultados obtenidos en este estudio no nos darán una visión sistémica del objeto, independientemente de que utilicemos o no el concepto de sistema, e independientemente de las características objetivas, ontológicas, del fenómeno en cuestión.

Para que la investigación "tenga un carácter sistémico", o sea, nos descubra las propiedades sistémicas de los objetos reales, no basta dar a estos objetos la denominación de sistemas, sino que es necesario determinar previamente el conjunto de propiedades que hemos de considerar sistémicas, y luego, aplicando el enfoque sistémico, establecer si unos y otros objetos poseen estas propiedades. Dicho en otros términos, de la complejidad de los objetos biológicos y de la dificultad —a veces imposibilidad— de conocerlos o abarcarlos en su integridad en un acto cognoscitivo único, surge la necesidad de fraccionar estos objetos tomando como fundamento de tal división

diferentes principios; uno de estos principios es el sistémico. Consiste éste en que primero establecemos los parámetros del sistema y damos su definición; luego, aplicamos este concepto al objeto biológico que se investiga. "Si nosotros investigamos cierta realidad apoyándonos en esta definición, intentando examinarla desde el punto de vista de las propiedades formuladas, entonces estaremos intentando investigar no cierto objeto, sino que a éste lo investigaremos como un sistema."[66]

La posibilidad de esta definición común para todos los objetos biológicos fue ampliamente discutida en la polémica que sobre este tema tuvo lugar en Moscú en 1968, en la cual se llegó a la conclusión de que la más completa —aceptada por prácticamente todos los participantes— era la ofrecida por L. H. Blumenfeld, y que fue formulada en los siguientes términos:

> Se denomina sistema a un conjunto de elementos reales o imaginarios diferenciados, no importa por qué medios, del mundo restante. Este conjunto será un sistema si: 1) están dados los vínculos que existen entre estos elementos; 2) cada uno de los elementos dentro del sistema se considera indivisible; 3) el sistema interactúa como un todo con el mundo fuera del sistema; 4) durante su evolución en el tiempo este conjunto se considera un mismo sistema, si entre sus elementos en los distintos intervalos temporales es posible establecer una correspondencia univalente.[67]

El hecho evidente de que esta definición de sistema lograda en los marcos de la biología presente un amplio grado de abstracción y generalidad se debe a las peculiaridades de los objetos biológicos, pues la clase de estos objetos es muy variada y en ella se presenta una amplia gama de objetos sistémicos, y una conjugación armónica de diferentes formas de movimiento de la materia, lo cual se debe, evidentemente, al lugar que la forma biológica del movimiento ocupa en la jerarquía de las formas de movimiento y por su vinculación con éstas.

Una de las características más importantes del concepto biológico de sistema consiste en que dicho concepto permite

reflejar en forma adecuada los cambios que tienen lugar en los objetivos biológicos. Según la caracterización de Malinovski,

> *lo fundamental en el concepto de sistema consiste,* no en su constitución concreta ni en la identidad de los elementos, sino en la *existencia de determinados vínculos, los que cambian por su forma y condicionan la integración al sistema de unos u otros elementos; pero que tienen como condición necesaria la conservación de la continuidad entre los elementos y los tipos de vínculos durante todo el curso de desarrollo del sistema.*[68]

El sistema biológico, así concebido, puede ser construido por medios y procedimientos diferentes, puede tener un carácter simple o complejo y estar integrado por un número muy variado de unidades constitutivas.

El concepto de estructura es, según la mayoría de los investigadores, el concepto clave del enfoque sistémico en la biología, pues a partir de él se definen y encuentran su lugar en la teoría sistémica los conceptos de elemento, organización, función, etcétera. Por otra parte, el concepto "estructura" es el fundamento de la clasificación sistémica de los objetos biológicos. Clasificación que permite pasar de los criterios cualitativos a los criterios más abstractos en el sentido lógico-formal del término.

El enfoque sistémico y el método estructural en la lingüística

La lingüística ha sido posiblemente una de las primeras ciencias sociales en formular y aplicar un método de investigación de las estructuras, basado en un concepto específico de sistema que permitió introducir en este tipo de ciencias métodos deductivos más abstractos y formalmente más rigurosos que los empleados hasta entonces, similares a los utilizados ya en algunas ciencias naturales.

La obra que marca una etapa en la elaboración de las ideas sistémicas aplicadas a la solución de los problemas teóricos de la lingüistíca fue el *Curso de linguística general* de Ferdinand de Saussure, autor suizo que ya en otros trabajos había formulado algunas de las ideas básicas que sintetizó en este libro, obra publicada en 1916, póstumamente, gracias al esfuer-

zo desplegado por algunos de sus discípulos, con notas tomadas en sus clases, dictadas entre los años 1906-1911.

Es cierto que en parte, dichas ideas habían sido expuestas ya en investigaciones más particulares por otros lingüistas.

En el *Curso de lingüística general* el concepto "estructura", que más tarde se hizo básico para gran número de investigaciones lingüísticas, aún no se emplea. Como es sabido, Saussure coloca en el centro de su investigación el concepto de *sistema* y elabora una teoría general del lenguaje basada en la comprensión de éste como un sistema cerrado de signos y, al mismo tiempo, un método de análisis de estos sistemas que más tarde fue definido como *método estructural.*

Este método se introduce en la lingüística en el proceso de solución del problema de la relación de lo genético y lo estructural en el estudio del lenguaje; problema expresado en los conceptos de "diacronía" y "sincronía". Saussure, en su trabajo, propuso distinguir y separar en el estudio del lenguaje, que él interpretaba fundamentalmente como un sistema de signos, dos ejes perpendiculares: el eje del desarrollo histórico, llamado *diacrónico;* y el eje que vincula los fenómenos lingüísticos en cada momento concreto de su existencia, el *sincrónico.* El análisis del eje sincrónico del sistema era para Saussure el verdadero camino que hacía posible descubrir la ordenación interna de éste, o sea, *su estructura,* como diríamos hoy.

Como sabemos, el método que en el siglo XIX determinaba el desarrollo de la lingüística y la solución de sus problemas fundamentales era el método *histórico-comparativo;* en él cumplían una importante función los procedimientos de análisis empírico atómico del lenguaje, basados en el lema "la exactitud de los conocimientos está en relación directa con el estudio particular de cada fenómeno". Basada en este método, la lingüística concentraba su atención en los hechos que caracterizaban la evolución del lenguaje y pretendía lograr la reconstrucción del llamado prelenguaje indoeuropeo por medio de la búsqueda, en las lenguas afines, de fenómenos similares, pero diferentes por su edad, en el tiempo; y para ello, naturalmente, el análisis histórico se presentaba como el más indicado.

Entre los múltiples problemas que a partir de este método fueron sometidos a un estudio profundo, uno de los más importantes fue, sin duda, el problema de la relación entre el lenguaje y el pensamiento. En el análisis histórico se buscaba descubrir las leyes del desarrollo del lenguaje-pensamiento des-

de sus orígenes hasta la actualidad, identificando los dos términos. Esta tarea, en cuya solución laboraron no sólo los lingüistas, sino investigadores de diferentes ramas de la ciencia: filósofos, etnógrafos, psicólogos y arqueólogos, resultó ser mucho más compleja de lo que inicialmente se pensó, y por eso, a pesar de los éxitos logrados, importantes problemas quedaron sin resolver. En primer lugar, se descubrió que la relación entre el lenguaje y el pensamiento era mucho más complicada de lo que parecía, motivo por el cual se hacía imposible su identificación. Se descubrió que lenguajes de estructuras diferentes podían reflejar con el mismo éxito, el desarrollo del pensamiento y los conocimientos científicos acumulados; y por último, se hizo evidente que las supuestas etapas de la historia del lenguaje-pensamiento, hipotéticamente establecidas, no se confirmaban por las investigaciones realizadas posteriormente. Esto motivó la búsqueda de nuevos caminos, de nuevos criterios y métodos, en la investigación del lenguaje.

Saussure no se limitó al establecimiento de la distinción entre el eje sincrónico y el diacrónico del sistema del lenguaje, sino que colocó en el centro de su análisis la "sincronía" y, con ello, encaminó las investigaciones lingüísticas en una dirección hasta el momento poco explorada, pero que prometía resultados prácticos inmediatos. "Es evidente —escribe Saussure— que el aspecto sincrónico es más importante que el diacrónico, pues para la masa que habla un idioma ésa es la verdadera realidad.[69]

Lo importante, según Saussure, era establecer con la mayor exactitud posible el funcionamiento del lenguaje en su estado actual, tal como los hombres lo emplean y lo entienden; y para ello, en determinadas etapas de la investigación lingüística, el estudio histórico, o no era necesario, o simplemente se podía prescindir de él.

El análisis sincrónico, al situar en un primer plano el estudio del lenguaje como sistema, desempeñó un papel positivo, a pesar de que en los planteamientos de Saussure de hecho se negaba la importancia del análisis histórico, lo que no correspondía al concepto dialéctico de sistema y era un enfoque unilateral. El análisis sincrónico consiguió, sin dudas, penetrar en la esfera en que el lenguaje funciona como un sistema de comunicación, o como un sistema de signos comunicativos, que son el medio básico que garantiza la comprensión mutua entre los hombres.

Según Saussure, debido a que los signos del lenguaje no tienen una vinculación necesaria con los objetos que designan, para su estudio se deben buscar, en primer término, los vínculos sincrónicos que unen a los signos entre sí, pues sólo por los vínculos de los elementos podemos descubrir el papel que éstos desempeñan en el sistema.

Es necesario señalar que la toma de conciencia de que el lenguaje no es una aglomeración desordenada de elementos y que éstos constituyen un sistema caracterizado por una determinada estructura está encarnada ya en la elaboración de las gramáticas, o la gramática, la cual es sólo una aproximación mtuitiva a la verdadera comprensión sistemo-estructural del lenguaje. Decimos aproximación, porque las reglas de la gramática aún están desvinculadas entre sí y las múltiples excepciones no tienen explicaciones convincentes desde el punto de vista de la unidad del sistema; tampoco es posible afirmar que los conceptos gramaticales son suficientemente rigurosos. En una palabra, la gramática caracteriza al lenguaje como un sistema con muchas deficiencias. Esto posiblemente explique por qué fracasaron los intentos de elaborar una gramática abstracta, basada en los principios de la lógica y aplicable para todos los idiomas.

Pero, por otra parte, sabemos que tampoco dieron resultados los esfuerzos encaminados a lograr estos objetivos reduciendo las leyes del lenguaje a las leyes más generales de otras ciencias, como por ejemplo, la biología o la psicología.

A pesar de que en la polémica entre los partidarios del método histórico-comparativo y aquellos que buscaban nuevas soluciones por medio del estudio sistemo-estructural del lenguaje, este último método, sobre todo en las etapas iniciales de esta polémica, se identificaba con frecuencia con los métodos especulativos de carácter apriorístico e idealista, la práctica, y, en primer lugar, los resultados obtenidos, han demostrado convincentemente que sus apreciaciones eran justas.

Por eso es necesario subrayar que lo que se fundamenta en el *Curso de lingüística general* no es una nueva variante del método abstracto especulativo, sino algo esencialmente original en esta ciencia. En este libro, el lenguaje se examina no como un sistema formulado especulativamente, sino como un *sistema* de signos deducido de la constitución y organización interna del propio lenguaje. Sistema que se desarrolla y funciona también según sus propias leyes internas.

La dificultad esencial que se imponía salvar para la elaboración del nuevo método era, naturalmente, la determinación de ese sistema de signos. Para ello hubo que abandonar las dos concepciones excluyentes, o sea, el dilema entre la exactitud del análisis particular y la generalidad de los sistemas abstractos teóricos, "especulativos".

Ferdinand de Saussure alcanzó este objetivo por medio de una división dicotómica de una serie de conceptos fundamentales que caracterizan el lenguaje. Por ejemplo, distinguió la lingüística externa de la interna; el idioma, del discurso; la sincronía, de la diacronía; la forma, de la sustancia.

Esta división le permitió formular una serie de principios que constituyeron la base teórica para la elaboración del sistema estructural de signos, fundamento de la lingüística estructural.

En efecto, se hizo posible establecer que para conocer el mecanismo interno del lenguaje como sistema de comunicación, no es necesario investigar las condiciones que determinaron su desarrollo. Fue posible distinguir claramente dentro del lenguaje dos esferas: una socialmente determinada y constante que constituye el fundamento de lo general; y otra individualmente determinada, que se caracteriza por su variabilidad. La primera sería el idioma como un conjunto de normas y reglas obligatorias para todo el que hable este idioma, y la otra, el discurso, el conjunto de frases comunicativas concretas que cada individuo escoge para establecer una comunicación en un idioma.

La distinción entre los conceptos de sincronía y diacronía permitió liberar el análisis del lenguaje de cierta unilateralidad que el método histórico-comparativo le había venido impartiendo, al considerar que la causalidad debía establecerse sólo en el análisis histórico retrospectivo —análisis diacrónico—. El análisis sincrónico se plantea la tarea de llegar a la esencia por medio del estudio del funcionamiento actual, sin preocuparse del proceso de génesis que históricamente determinó este funcionamiento. La legitimidad de este planteamiento se fundamentaba en el hecho de la efectividad real de la comunicación idiomática, que funciona en cada momento histórico independientemente de la evolución real del idioma.

Como hemos señalado, la distinción entre los dos métodos, el sincrónico y el diacrónico, Ferdinand de Saussure la entendía no como una contraposición irreconciliable, sino como dos puntos de partida que después de un desarrollo individual

—la investigación no podía ser simultánea— deberían coincidir en un momento dado. No obstante, se ha sostenido con frecuencia que el rasgo característico del pensamiento de este autor era precisamente dicha contraposición.

Nosotros estamos de acuerdo en que, para este autor, la tarea básica de la lingüística debía consistir en el establecimiento del sistema de signos, en el análisis de la lógica de su funcionamiento actual. Estamos de acuerdo también en que este estudio, según él, no podía limitarse a aceptar como puntos de partida las conclusiones formuladas en el proceso de análisis histórico genético del lenguaje, y en este sentido lo negaba, aunque no en general; por el contrario, consideraba que después de haber establecido la sincronía básica, la estructura sincrónica del lenguaje, se debería iniciar un estudio de los fenómenos diacrónicos que lo caracterizaban. Por eso es precisamente Saussure el que introduce los términos "lingüística sincrónica" y "lingüística diacrónica".

La distinción entre forma y sustancia también cumple una importante función en el establecimiento del sistema estructural en la lingüística.

Para Saussure, la afirmación de que el lenguaje era la forma y no la sustancia significaba lo siguiente: a la lingüística no le debe preocupar el contenido complejo que se refleja o que es expresado por medio del lenguaje. Esa tarea la cumplen o deben cumplirla otras ciencias. La lingüística analiza el procedimiento debido al cual los conocimientos se fijan en el lenguaje, y para eso es imprescindible abstraerse del contenido, de la sustancia incluida en ésta, el "material" que constituyen los signos, o sea, los sonidos o las representaciones gráficas.

En una palabra, el lenguaje debe examinarse sólo como un sistema de signos, y lo importante es determinar las condiciones que permiten a este sistema cumplir su función comunicativa.

Las ideas se Saussure fueron desarrolladas y profundizadas por varias corrientes del llamado "estructuralismo lingüístico", entre las que queremos mencionar, posiblemente por ser la más conocida, el Círculo de Praga, en el cual se elabora una nueva disciplina que se desprende de la fonética, la fonología.

La *fonética* se define como la teoría de los sonidos del discurso, o sea, la teoría de los sonidos que producimos al hablar.

La *fonología* es la parte de la fonética que analiza los sonidos básicos del lenguaje, o mejor dicho, las unidades sono-

ras de éste, denominadas fonemas o unidades portadoras de sentido elemental.

Los fundamentos de la fonología, de N. S. Troubetzkoi, es posiblemente el libro más completo en que se formulan y elaboran, partiendo del análisis concreto de cerca de doscientos idiomas, los principios básicos de la lingüística estructural. Troubetzkoi fundamenta su análisis de la fonética en la división dicotómica de Saussure, entre lenguaje y discurso, pero va más allá, al descubrir en el lenguaje la estructura de los fonemas, que es no sólo una estructura sincrónica simple, sino una estructura "libre de imposiciones subjetivistas".

Una de las peculiaridades básicas del sistema fonológico, que lo acerca a las estructuras matemáticas, abstractas, y que lo diferencia ventajosamente de la fonética, es su menor volumen con respecto al sistema fonético y su estabilidad.

De aquí la posibilidad, realizada en el libro de Troubetzkoi, de elaborar métodos objetivos y exactos de obtención de fonemas, que se establecen según el lugar que ocupan en el sistema y que se logran al examinar su relación con otros fonemas. Por este camino, y teniendo presente que la función básica del fonema es una distinción del contenido —*casa* y *pasa* se distinguen por el fonema inicial—, se realizó una sistematización de todos los fonemas buscando la contraposición más simple, la contraposición binaria. Como resultado de un largo proceso de investigación, análisis y sistematización, se llegó a la elaboración de un sistema fonológico óptimo basado en 12 rasgos binarios diferenciados, partiendo de los cuales, según se dice, es posible describir mediante combinaciones casi todos los sistemas fonológicos de las lenguas existentes.

Otro rasgo muy importante de los sistemas fonológicos es su carácter cualitativamente discreto; y, a diferencia de la fonética que registra en una curva continua las variaciones sonoras, la fonología secciona esta curva en las unidades distintivas de sentido que, como decíamos, reciben el nombre de fonemas.

Los fonemas en su contraposición no presentan gradaciones cuantitativas, pues existen en un idioma o no existen.

La determinación de los fonemas por su oposición o contraposición significa la introducción en la lingüística de la

tesis del método estructural: *la primacía de las relaciones sobre los elementos*. Esta tesis la define Troubetzkoi en los términos siguientes:

> La composición fonémica del lenguaje es en esencia sólo un correlato del sistema de oposiciones fonológicas. Nunca debemos olvidar que en la fonología el papel principal no corresponde a los fonemas, sino a las oposiciones distintivas de sentido. Cualquier fonema tiene un determinado contenido fonológico sólo y en tanto el sistema de oposiciones fonológicas descubra su orden determinado, una estructura.[70]

Lamentablemente, algunos lingüistas han absolutizado de tal modo este problema, que de hecho, al buscar una formalización absoluta de las relaciones, han desembocado en posiciones metafísicas. Así Heljmslev, de la Escuela de Copenhague, busca una formalización óptima de la teoría del lenguaje por el camino de la eliminación de toda "sustancialidad" y aplicando un riguroso método deductivo que opera sólo con las relaciones más generales de los elementos del lenguaje y que se plantea como objeto final la elaboración de una teoría que describa no sólo los idiomas existentes, sino también todos los posibles.

Pero estos problemas no los podemos tratar ahora, ya que su análisis detallado nos llevaría muy lejos del tema central del presente trabajo.

En un plano más general, creemos posible formular algunas conclusiones:

1. El surgimiento del método estructural en la lingüística está determinado por el propio objeto de esta ciencia que, después de los trabajos de Saussure, es susceptible de un análisis estructural.

2. Este método no surge como una contraposición al método histórico-comparativo, sino como su complemento.

3. Por eso la contraposición de estos métodos, que en el plano histórico se caracterizan por una lucha encarnizada y a veces dramática, no tiene razón de ser.

En el interesante folleto del filósofo soviético M. N. Grezki, *El estructuralismo francés*, encontramos una analogía muy ilustrativa:

> La historia de la lingüística en los últimos decenios —escribe— es dramática y paradójica. Está repleta de una enconada lucha entre direcciones, las cuales, como se ha descubierto más tarde, no tenían por qué luchar, pues cada una tenía un objetivo distinto de investigación.
>
> Imaginemos que en la biología surgiera la lucha entre la anatomía y la teoría de la evolución. Esta lucha no tendría sentido, pues cada una de estas disciplinas resuelve en su esfera sus problemas y no niega los resultados de la otra.
>
> La lingüística estructural es la anatomía del lenguaje, mientras que la lingüística tradicional histórico-comparativa es la teoria de la evolución.[71]

Si la lingüística estructural ha obtenido resultados positivos en el análisis sincrónico del idioma, su aplicación al análisis diacrónico de las estructuras, como proponía Saussure, por ahora no ha dado los resultados esperados. De aquí que el análisis diacrónico hasta el momento siga siendo el objeto, por excelencia, de la lingüística tradicional.

Ahora bien, ¿niegan hoy día los representantes del método histórico la necesidad del método estructural? Creemos que no, y al respecto quisiéramos citar unas líneas de un libro que recoge los materiales de una interesante polémica que tuvo lugar en la Unión Soviética, en 1965, sobre los problemas de la esencia histórico-social del lenguaje y el pensamiento, y otros problemas relacionados con este tema, analizados esencialmente desde el punto de vista histórico-genético. El libro se titula *El lenguaje y el pensamiento*.

> En los últimos años —se dice en la "Introducción"— la atención de los lingüistas, filósofos y psicólogos, así como de representantes de otras disciplinas, se ha dirigido hacia el estudio de la estructura del lenguaje y el pensamiento tomados en el plano sincrónico, sin relacionarlos con su historia. Es evidente que este aspecto de la investigación es plenamente lícito. Es necesario determinar el propio "mecanismo", la "organización" del pensamiento y el len-

guaje y sus interrelaciones (. . .). La investigación sincrónica, fundamental y detallada del lenguaje y el pensamiento, permitirá resolver con un éxito mayor los problemas de su desarrollo histórico, sin lo cual, a su vez, no es posible un conocimiento completo y multilateral de su esencia. Por muy importante que de por sí sea el aspecto sincrónico, la etapa superior del conocimiento sólo se puede alcanzar en el plano de la historia del desarrollo.[72]

Nada podemos añadir a estas consideraciones con las que estamos plenamente de acuerdo:

Primero, porque para nosotros el lenguaje no es sólo un sistema de signos que cumple una función comunicativa, sino también un instrumento del pensamiento. Debido a esto en el lenguaje se deben distinguir dos funciones, una *interindividual* y otra *intraindividual;* y aunque la primera de estas funciones es la más importante y constituye la base de la segunda, ésta no se puede ignorar en el momento de elaborar una teoría general del lenguaje.

Segundo, porque todo intento de elaborar una teoría del lenguaje basado solamente en una de estas funciones, no logrará nunca su objetivo. Por eso, estamos de acuerdo también con esta afirmación pronunciada en la citada discusión.

> De la definición del lenguaje como un sistema de signos que funcionan en calidad de medios de comunicación e instrumentos del pensamiento —y tal definición existe desde hace ya más de medio siglo—, se deduce que es necesario, por un lado, estudiar el lenguaje en su relación con la cultura y su historia —la cultura es una creación del hombre social—, y por otro, en su relación con el pensamiento y su historia, o sea, es necesario estudiar el lenguaje en sus momentos más esenciales.
>
> Todos los procedimientos de investigar el lenguaje en su estática o en su dinámica, incluidos los matemáticos y los estructurales, en el plano teórico, se justifican por cuanto descubren las leyes que caracterizan el lenguaje en estas dos dimensiones.[73]

Tercero, porque el desarrollo unilateral del método estructural implica un gran peligro, que en realidad ha afectado ya a

ciertas teorías estructuralistas. Nos referimos, en primer lugar, a los intentos de presentar el lenguaje, o los lenguajes, como sistemas de "relaciones puras", o sea, como sistemas en los que los elementos son determinados íntegramente por las relaciones y no presentan, o no tienen, ningún contenido propio. Esta característica, que se podía aceptar para los lenguajes artificiales, no corresponde a los idiomas naturales en los que el factor genético desempeña un determinado papel y en los que el desarrollo histórico real descubre cierta actividad de los elementos, estímulos internos que determinan su desarrollo.

La negación de este hecho excluiría de la lingüística este problema y los sistemas así examinados serían sistemas muertos.

De esta manera el aspecto sincrónico dejaría de considerarse como un corte horizontal que refleja un estado concreto, una situación del funcionamiento del sistema en un momento dado, para convertirse en una estructura general e intemporal que llevaría a la identificación de lo sincrónico con lo estático, lo que no es cierto, y lo que, a nuestro modo de ver, no es lo que se pretende lograr con el análisis de las estructuras del lenguaje.

El enfoque sistémico y la antropología estructural

Parece ser que, en efecto, fueron los resultados positivos obtenidos en el "análisis anatómico" del lenguaje los que despertaron en otras ciencias sociales el interés por el enfoque sistémico y el "método estructural", y alentaron a los investigadores hacia la búsqueda de estructuras específicas que permitieran la aplicación de dicho método al estudio del objeto particular de estas ciencias.

La generalización de este interés sano, lícito y justificado fue acompañada, no obstante, de los excesos que caracterizaron "la moda" estructuralista que señalábamos al iniciar este capítulo, la cual, después de los resultados obtenidos en la etnografía teórica por Claude Lévi-Strauss, se convirtió en una realidad que influyó lamentablemente la obra de algunos científicos quienes, con frecuencia, se aventuraron a formular conclusiones que no se derivaban de los resultados concretos de sus investigaciones.

En nuestra exposición no nos proponemos ofrecer un panorama general de los problemas y soluciones —unas acertadas

y otras no— que ofrece la antropología estructural desarrollada por Lévi-Strauss y sus seguidores; tampoco nos proponemos iniciar una polémica sobre las cuestiones concretas de esta ciencia que se plantean y discuten con motivo de la aplicación de los criterios sistémicos y el método estructural en la antropología. Pretendemos tan sólo destacar o señalar aquellos factores que determinan, por un lado, la posibilidad de aplicar dichos criterios y métodos a esta ciencia, y por el otro, señalar su alcance y sus limitaciones.

Cuando en las primeras páginas del presente capítulo señalábamos nuestra inconformidad con la forma en que Lévi-Strauss, respondiendo a una encuesta de la UNESCO, planteaba el problema de la causalidad en las ciencias sociales, afirmábamos que esa actitud no era consecuencia directa del método estructural, pero que, sin embargo, guardaba con él una relación muy estrecha, ya que consideramos que es precisamente esa actitud la que determina o motiva el surgimiento del método estructural, si no en la antropología en general, sí en el propio Lévi-Strauss.

Esta afirmación nuestra está basada en el análisis del "Apéndice" del libro *Arte, lenguaje, etnología,* que lleva el título de "Criterios científicos en las disciplinas sociales y humanas"; y, en rasgos generales, expresa una preocupación profunda por el estado actual de las ciencias sociales burguesas, por la diversidad de criterios irreconciliables en ellas existentes, por el subjetivismo que caracteriza muchas de las teorías existentes, por la imposición de muchos apriorismos y falta de rigurosidad, etcétera. Es por ello que Lévi-Strauss escribe con cierta amargura: "El término 'ciencia' ya no es sino un nombre ficticio que designa un gran número de actividades perfectamente heteróclitas y de las cuales sólo un pequeño número ofrece un carácter científico —por poco que se quiera definir la noción de ciencia de un modo constante."[74]

Estamos de acuerdo en que esta preocupación puede ser compartida con respecto a determinados sectores de las ciencias sociales contemporáneas y, en primer lugar, con respecto a todas aquellas que pretenden fundamentar posiciones apologéticas respecto del modo de producción capitalista y las relaciones sociales que caracterizan esta sociedad y que, naturalmente, ignoran el papel que desempeña la concepción dialéctico-materialista de la historia en la transformación metodológica de los fundamentos de las ciencias sociales. Pero la generalización

ciertas teorías estructuralistas. Nos referimos, en primer lugar, a los intentos de presentar el lenguaje, o los lenguajes, como sistemas de "relaciones puras", o sea, como sistemas en los que los elementos son determinados íntegramente por las relaciones y no presentan, o no tienen, ningún contenido propio. Esta característica, que se podía aceptar para los lenguajes artificiales, no corresponde a los idiomas naturales en los que el factor genético desempeña un determinado papel y en los que el desarrollo histórico real descubre cierta actividad de los elementos, estímulos internos que determinan su desarrollo.

La negación de este hecho excluiría de la lingüística este problema y los sistemas así examinados serían sistemas muertos.

De esta manera el aspecto sincrónico dejaría de considerarse como un corte horizontal que refleja un estado concreto, una situación del funcionamiento del sistema en un momento dado, para convertirse en una estructura general e intemporal que llevaría a la identificación de lo sincrónico con lo estático, lo que no es cierto, y lo que, a nuestro modo de ver, no es lo que se pretende lograr con el análisis de las estructuras del lenguaje.

El enfoque sistémico y la antropología estructural

Parece ser que, en efecto, fueron los resultados positivos obtenidos en el "análisis anatómico" del lenguaje los que despertaron en otras ciencias sociales el interés por el enfoque sistémico y el "método estructural", y alentaron a los investigadores hacia la búsqueda de estructuras específicas que permitieran la aplicación de dicho método al estudio del objeto particular de estas ciencias.

La generalización de este interés sano, lícito y justificado fue acompañada, no obstante, de los excesos que caracterizaron "la moda" estructuralista que señalábamos al iniciar este capítulo, la cual, después de los resultados obtenidos en la etnografía teórica por Claude Lévi-Strauss, se convirtió en una realidad que influyó lamentablemente la obra de algunos científicos quienes, con frecuencia, se aventuraron a formular conclusiones que no se derivaban de los resultados concretos de sus investigaciones.

En nuestra exposición no nos proponemos ofrecer un panorama general de los problemas y soluciones —unas acertadas

y otras no— que ofrece la antropología estructural desarrollada por Lévi-Strauss y sus seguidores; tampoco nos proponemos iniciar una polémica sobre las cuestiones concretas de esta ciencia que se plantean y discuten con motivo de la aplicación de los criterios sistémicos y el método estructural en la antropología. Pretendemos tan sólo destacar o señalar aquellos factores que determinan, por un lado, la posibilidad de aplicar dichos criterios y métodos a esta ciencia, y por el otro, señalar su alcance y sus limitaciones.

Cuando en las primeras páginas del presente capítulo señalábamos nuestra inconformidad con la forma en que Lévi-Strauss, respondiendo a una encuesta de la UNESCO, planteaba el problema de la causalidad en las ciencias sociales, afirmábamos que esa actitud no era consecuencia directa del método estructural, pero que, sin embargo, guardaba con él una relación muy estrecha, ya que consideramos que es precisamente esa actitud la que determina o motiva el surgimiento del método estructural, si no en la antropología en general, sí en el propio Lévi-Strauss.

Esta afirmación nuestra está basada en el análisis del "Apéndice" del libro *Arte, lenguaje, etnología*, que lleva el título de "Criterios científicos en las disciplinas sociales y humanas"; y, en rasgos generales, expresa una preocupación profunda por el estado actual de las ciencias sociales burguesas, por la diversidad de criterios irreconciliables en ellas existentes, por el subjetivismo que caracteriza muchas de las teorías existentes, por la imposición de muchos apriorismos y falta de rigurosidad, etcétera. Es por ello que Lévi-Strauss escribe con cierta amargura: "El término 'ciencia' ya no es sino un nombre ficticio que designa un gran número de actividades perfectamente heteróclitas y de las cuales sólo un pequeño número ofrece un carácter científico —por poco que se quiera definir la noción de ciencia de un modo constante."[74]

Estamos de acuerdo en que esta preocupación puede ser compartida con respecto a determinados sectores de las ciencias sociales contemporáneas y, en primer lugar, con respecto a todas aquellas que pretenden fundamentar posiciones apologéticas respecto del modo de producción capitalista y las relaciones sociales que caracterizan esta sociedad y que, naturalmente, ignoran el papel que desempeña la concepción dialéctico-materialista de la historia en la transformación metodológica de los fundamentos de las ciencias sociales. Pero la generalización

de estas conclusiones, la absolutización de los defectos de ciertas teorías y concepciones, no corresponde a la situación real de estas ciencias e implica consecuencias graves que no permiten ver con claridad el camino hacia la solución correcta de los problemas.

En el caso de Lévi-Strauss, esto se manifiesta en la búsqueda de una solución por el camino fácil, pero estéril, según nuestro modo de ver, de identificar la estructura y los métodos de los tipos básicos de ciencias, es decir, las naturales y las sociales.

En primer lugar, se manifiesta en que exige o busca para las ciencias sociales un tipo de causación similar o análogo al que caracterizaba las ciencias naturales en la etapa "clásica" de su desarrollo.

En efecto, si tomamos como modelo de ciencia cualquier modelo particular basado en una estructura de determinación rígida, y lo comparamos con los modelos actuales que caracterizan a las ciencias sociales, posiblemente no sea tan difícil llegar a las mismas conclusiones a que llega Lévi-Strauss cuando afirma, como ya citamos, que las primeras son las ciencias y las segundas no, y que "si se les designa de todos modos con el mismo término, es sólo en virtud de una ficción semántica y una esperanza filosófica que todavía no ha encontrado confirmación".[75]

El carácter específico de las leyes de las diferentes ciencias está determiando por una serie de factores entre los que, por su mayor importancia, se deben destacar dos: las particularidades del objeto que estudia cada ciencia, y la relación objeto-sujeto que se establece en el proceso de elaboración de las teorías científicas que caracterizan a cada ciencia o grupo de ciencias.

Al respecto, sin profundizar mucho, las diferencias entre las ciencias sociales y las naturales son más evidentes, como también es evidente la imposibilidad de establecer para ambos tipos de ciencias un modelo único.

Nosotros creemos que esta diferencia no pasa inadvertida para Lévi-Strauss, sobre todo en lo que se refiere a la relación objeto-sujeto que caracteriza a las ciencias sociales; no obstante, Lévi-Strauss invierte los términos ignorando de hecho que es precisamente esta diferencia en el plano objetivo —o sea, en el tipo de realidad que estudian estas ciencias— las que determinan inevitablemente las diferencias, obstinado en localizarlos sólo en la imperfección de la labor constructiva de los

científicos, en las deficiencias de los modos de abordar la elaboración de las ciencias sociales.

La conclusión a que llega Lévi-Strauss basándose en la comparación "superficial" e ilícita entre las ciencias naturales y sociales, es verdaderamente deprimente, a pesar de que el propio autor parece ser que le quiere restar dramatismo a dicha conclusión.

"El autor del presente artículo —escribe— ha consagrado toda su vida a la práctica de las ciencias sociales y humanas. Pero no se siente en manera alguna molesto por tener que reconocer que entre éstas y las ciencias exactas y naturales no se podría establecer ninguna paridad: estas últimas son ciencias y las primeras no lo son."[76]

Según Lévi-Strauss, toda investigación científica, toda verdadera ciencia debe postular un dualismo entre el observador y su objeto; pero las deficiencias de las ciencias sociales, según su opinión, radican precisamente en el hecho de que el sujeto del conocimiento coincide con el objeto y es parte interesada. "Desde este punto de vista, la desgracia de las ciencias humanas consiste en que el hombre no podría dejar de interesarse en sí mismo."[77]

Es evidente que no se trata de una desgracia, sino de una particularidad que naturalmente se debe reflejar en la estructura de las ciencias sociales y en sus métodos, lo cual no puede ser motivo de pesimismo, y menos aún de conclusiones ligeras acerca de la casi imposibilidad de que, a excepción de una pequeña parte de las ciencias sociales y humanas, éstas no puedan "ser tratadas del mismo modo como el que sería legítimo emplear con las ciencias exactas y naturales", debido, como afirma Lévi-Strauss, a que en las "mal llamadas ciencias sociales" el objeto como tal tiene conciencia de que se está experimentando sobre él y con ello "modifica de un modo imprevisible el proceso de la experimentación". De aquí que, según Lévi-Strauss, la conciencia sea "la enemiga secreta de las ciencias del hombre, bajo el doble aspecto de una conciencia espontánea inmanente al objeto de observación, y de una conciencia reflexiva —conciencia de la conciencia en el científico".[78]

Creemos que lo señalado muestra cómo una exigencia ilegal establecida como postulado origina, inevitablemente, una serie de interpretaciones acerca del contenido de conceptos tan fundamentales de las teorías científicas como son: la relación objeto-sujeto en la ciencia en general y en los diferentes tipos de determinación causal que caracterizan a las ciencias par-

ticulares. Así ocurre, por ejemplo, con el concepto "experimento", el cual, debido a la diferencia cualitativa existente en el plano objetivo entre el objeto de las ciencias naturales —relativamente estático— y el de las sociales —relativamente dinámico—, no puede aplicarse mecánicamente en unas y en otras; como también el concepto "causalidad" en las ciencias sociales, que exige cierta claridad en la interpretación del determinismo dialéctico que caracteriza a toda la realidad social. Su desconocimiento conduce a conclusiones metafísicas similares a las de Lévi-Strauss cuando dice: "No podrían, pues, colocarse los hechos lingüísticos en el mismo plano que los hechos económicos o jurídicos; los primeros son posibles en ausencia de los segundos, pero no a la inversa",[79] afirmación que no nos parece justa ni en el plano genético ni en el funcionamiento actual de, los factores sociales mencionados.

Por último, es necesario señalar que tampoco es lícito tomar como modelo de ciencia a las ciencias naturales, o a una ciencia natural cualquiera, entre otras cosas por el hecho que destacábamos al comienzo del presente trabajo, de que muchos aspectos de este ya "viejo modelo" han demostrado tener en las propias ciencias naturales un valor relativo. Hoy día, podemos observar cómo se ha superado el modelo de las ciencias naturales basado en la interpretación metafísica del determinismo, que tenía como base la universalización de una de las formas de causación de la mecánica clásica; su carácter limitado fue señalado hace ya tiempo por la filosofía en el plano abstracto teórico y demostrado en el análisis concreto de los fenómenos físicos por la mecánica cuántica. Dentro de esta nueva interpretación del determinismo físico, los conceptos de objeto-sujeto y sus relaciones en las ciencias naturales, de experimento, etcétera, han cambiado sustancialmente de contenido. También, como dato curioso, se puede señalar el hecho de que en el momento en que la crisis del determinismo metafísico o mecanicista se hizo evidente, y se descubrió a la vez que no toda relación —ni siquiera toda relación de interdependencia— es una relación de determinación rígida, no pocos científicos y filósofos llegaron a la conclusión de que las ciencias naturales se encontraban en la misma situación que las sociales —al no aceptarse en éstas el materialismo histórico— y proclamaron el fin de la causalidad y el determinismo en las ciencias, en su conjunto.

El caso de Lévi-Strauss no es exactamente éste, pero refleja también un gran desconcierto e incomprensión ante la posibi-

lidad de introducir en la ciencia tipos de causación más complejos.

Decíamos que la introducción del método estructural en la antropología está condicionada en parte por esta incomprensión, lo que se refleja claramente en los requisitos que según Lévi-Strauss deben caracterizar a las ciencias sociales, requisitos que se pueden alcanzar, según él, sólo con la introducción del método estructural.

Estas características o requisitos son:

1. La preservación del dualismo entre el objeto y el sujeto.

2. La atenuación de la distinción entre lo humano y lo natural.

3. La búsqueda de una nueva definición del hecho científico que acerque más las ciencias sociales a las naturales.

4. La búsqueda de la rigurosidad y la superación de las explicaciones indeterminadas y "aproximadas" que las caracterizan hoy día.

La enumeración se puede continuar, pero hay un párrafo que sintetiza el objetivo fundamental de ésta y a él nos limitaremos.

> Si alguna vez llegan a ser ciencias con pleno derecho a ese nombre, dejarán de distinguirse de las demás. De ahí el dilema que las ciencias humanas no se han atrevido todavía a enfrentar: o bien conservar su originalidad, inclinándose ante la antinomia, de hecho insuperable, de la conciencia y la experiencia, o bien pretender superarla, pero renunciando, así a ocupar un lugar aparte en el sistema de las ciencias y aceptando colocarse, si así puede decirse, "en fila" con las demás.[80]

Pero de todo lo expuesto, nos parece que, al valorar la *antropología estructural* en su conjunto, siempre debemos tener presente las consecuencias que en el plano metodológico implica la aceptación de un criterio anticuado de causalidad y de un modelo único de ciencia.

Ya hemos señalado que el éxito o los resultados positivos que caracterizan la aplicación del método estructural en la lingüística estaban determinados por el tipo de objetos que

este método coloca en el centro de la investigación, y señalamos también las características de estos objetos. A las ya mencionadas, quisiéramos añadir otra: la eliminación o exclusión de todos aquellos factores que caracterizan y determinan los objetos socialmente. Por esta razón decimos que la fonología, de una manera muy convencional, se puede considerar una ciencia social.

La afirmación de que el método estructural consiste en la búsqueda de las estructuras no sociales entre los fenómenos sociales, aunque no puede pretender ser una definición rigurosa, sí señala una tendencia muy marcada que impregna todo el proceso de aplicación de este método a las ciencias sociales por parte de Lévi-Strauss y otros estructuralistas.

En efecto, la afirmación de Lévi-Strauss en la *Antropología estructural*, de que la lingüística es la única ciencia social "que puede reivindicar el nombre de ciencia y que al mismo tiempo ha logrado formular un método positivo y conocer la naturaleza de los hechos sometidos a su análisis",[81] nos está señalando cuál es el modelo de ciencia social por el que aboga el autor. Este modelo no sería la lingüística en general, en sus dos aspectos complementarios que nosotros simbólicamente denominamos "anatomía" y "teoría de la evolución", sino sólo uno de estos aspectos. Según Lévi-Strauss, la investigación etnológica no tiene nada esencialmente nuevo que adquirir de la investigación lingüística que se apoye en el análisis histórico. Pero:

> El nacimiento de la fonología ha trastornado violentamente esta situación. Ella no solamente ha renovado las perspectivas lingüísticas: una transformación de esta magnitud no se limita a una disciplina particular. La fonología no puede dejar de cumplir, respecto de las ciencias sociales, el mismo papel que la física nuclear, por ejemplo, ha desempeñado para el conjunto de las ciencias exactas.[82]

Este trastorno, que Lévi-Strauss denomina también "revolución", consiste en que, "por primera vez, una ciencia social logra formular relaciones necesarias".[83] Esta afirmación se logra sólo con la introducción del "método fonológico" en la lingüística, método que según la definición de Troubetzkoi, que cita Lévi-Strauss, se caracteriza por pasar del estudio de los

fenómenos lingüísticos "conscientes" al de su estructura "inconsciente"; por rehusar tratar los "términos" como entidades independientes, tomando como base de su análisis las relaciones; por introducir la noción de sistema y poner en evidencia la estructura concreta de estos sistemas y, por último, buscar y descubrir por inducción, o por deducción lógica, "leyes generales" de carácter absoluto.

Estas afirmaciones de Lévi-Strauss hechas en 1945 —cien años después de escrito *El manifiesto comunista*, cien años después de que las ciencias sociales iniciaron una nueva etapa en su desarrollo, caracterizado no sólo por el establecimiento de las leyes generales del desarrollo social, sino por la determinación del objetivo fundamental de toda ciencia social: la transformación revolucionaria del mundo, cosa que, en última instancia, Lévi-Strauss niega— constituyen sin ningún género de dudas la base para la fundamentación teórica de la "moda estructuralista", tanto en lo que ésta tiene de anticientífico como estrictamente antimarxista. Lévi-Strauss niega de hecho el valor científico del materialismo histórico al afirmar que sólo con la publicación del artículo-programa de Troubetzkoi, en 1933, por primera vez una ciencia social logra formular relaciones necesarias, y niega o ignora el carácter específico de la determinación causal en las ciencias sociales al afirmar reiteradamente que sólo la determinación que caracteriza a las ciencias naturales —en su interpretación mecanicista— puede ser aceptada como válida. Es por ello que para Lévi-Strauss la única forma de convertir las ahora "impropiamente llamadas ciencias sociales" en verdaderas ciencias, ha de basarse en la pérdida del objeto específico de éstas; será preciso, afirma, que vaya atenuándose en ellas la distinción entre lo humano y lo natural.

La lingüística estructural y, en primer lugar, el método elaborado por Saussure, pero muy especialmente la división de la vieja fonética en dos ciencias, efectuada por Troubetzkoi: la fonética propiamente dicha y la fonología, crearon la ilusión de que se había encontrado el método universal que permitiría transformar o reducir la compleja trama de relaciones causales de todos los fenómenos sociales simples universales. Esta ilusión se acentúa cuando el propio Lévi-Strauss, aplicando este método, descubre en la antropología "fenómenos del mismo tipo" que los fenómenos lingüísticos, y obtiene resultados positivos "utilizando un método análogo, si no en cuanto al conte-

nido, en cuanto a la forma del método introducido por la fonología".[84]

Aquí quizás sea necesario insistir en algunos de los rasgos característicos del método en cuestión, tanto en la fonología como en su utilización y desarrollo en la "antropología estructural" de Lévi-Strauss.

En primer lugar —y esto es muy importante— la búsqueda por estas ciencias de *una estructura* que responda a los criterios que sobre la determinación causal tienen los autores, se realiza en el plano empírico analítico, es decir, no se establece *a priori*, sino que se busca en la propia realidad. Troubetzkoi analizó más de doscientos idiomas antes de llegar a la conclusión de que los fonemas constituyen un sistema de vínculos que cumplen una función comunicativa, pues son, en lo fundamental, la médula de todos los sonidos, pero en su forma pura, o sea, en un grado de abstracción que la pérdida de la "sustancia" no impide, antes bien facilita el cumplimiento de esta función informativa.

El análisis estructural de esta realidad se inicia de hecho con la elaboración de métodos objetivos y procedimientos precisos para la captación y sistematización de estos fonemas, y para ello el método estructural pondrá toda su atención en el análisis de las relaciones.

Por este camino, la fonología consigue establecer un sistema que con elementos de la naturaleza edifica una estructura "cultural". Para Lévi-Strauss la fonología se convierte en una estructura modelo en la que el material de la naturaleza se organiza en sonidos "culturales": los fonemas.

El camino que sigue Lévi-Strauss es muy similar a éste, con la única diferencia que Lévi-Strauss lo recorre con el modelo de la lingüística a la vista, y reconoce, por añadidura, una serie de modelos particulares de métodos estructurales y enfoques sistémicos que él intenta, con mayor o menor éxito, aplicar a la antropología. El resultado es la elaboración de un concepto particular de *estructura* que se intenta aplicar a la fundamentación teórica tanto de la *antropología social* como de la *cultural*, apoyándose para ello en los trabajos de A. R. Radcliffe-Brown y B. Malinovski.[85]

Las relaciones entre la *antropología social* y la *antropología cultural*, a pesar de su complejidad, a pesar de que en ciertos momentos estas corrientes de la antropología parecían caminar en direcciones opuestas, se caracterizan por cierta complementariedad, por cierta coincidencia en los recursos metodológicos

y en los métodos que emplean en el proceso de investigación, hasta llegar, aunque parezca paradójico, a coincidir en el objeto de su investigación.

Radcliffe-Brown, al definir en términos rigurosos el objeto de la antropología social como el estudio de las relaciones sociales y la estructura social en las sociedades primitivas, y Malinovski, al determinar que los artefactos de la cultura son en su esencia fenómenos sociales, estuvieron a un paso de reconocer que el objeto de estas ciencias era el mismo, a pesar de que para llegar a él se seguía por caminos distintos.

Malinovski empezaba su estudio por los objetos materiales, por el análisis de la técnica, para concluirlo en la organización social, la llamada "super-técnica". Radcliffe-Brown comenzaba por la organización social para terminar explicando el sentido de los objetos culturales.

Sin iniciar ahora un análisis de los problemas que estas dos disciplinas estudian y resuelven, sin detenernos en señalar las múltiples dificultades que encuentran en su camino, queremos tan sólo destacar que no fue sino en el proceso de búsqueda de respuestas a ciertas interrogantes —que no habían sido descifradas por los viejos métodos de investigación— cuando recién estas dos ramas de la antropología empezaron a introducir los métodos sistemo-estructurales y se elaboró un concepto de *estructura.*

Posiblemente estos problemas los podríamos haber omitido en nuestra exposición, pues en esencia la *Antropología estructural* de Lévi-Strauss constituye un intento de sintetizar estas dos corrientes asimilando lo positivo y superando las dificultades que éstas encontraron en la aplicación y desarrollo del *método estructural;* pero la importancia de los planteamientos de estos autores nos obliga a mencionar algunos de los más significativos.

A. R. Radcliffe-Brown fue posiblemente el primero que planteó la posibilidad de aplicar al estudio de los fenómenos sociales en las sociedades primitivas el método estructural, que, según él, debía sustituir a los métodos históricos y psicológicos.

Para Radcliffe-Brown la sociedad primitiva se debía examinar en forma similar a la que se examinan los organismos vivos, y por esta razón el análisis de su estructura no se puede separar del análisis de sus funciones.

La estructura de este tipo de sociedad está constituida por el conjunto de sus individuos. Al elaborar una teoría del sistema social, este autor partía del supuesto de que la realidad

está constituida por objetos —sucesos— vinculados por dos tipos de relaciones. El primero, las relaciones espacio-temporales o "vínculos reales"; el segundo, las relaciones lógico-matemáticas.

La elaboración de la teoría, según él, debe partir del estudio inicial de estas relaciones reales, para pasar más tarde al análisis del segundo tipo de relaciones. En el primer caso se descubrirían las peculiaridades de la estructura interna del objeto —la sociedad primitiva—; en el segundo, las relaciones de coincidencia y diferencia representadas en su forma abstracto-simbólica.

El concepto básico de la teoría general elaborada por Radcliffe-Brown es el concepto de "estructura social" que se conjuga o complementa con una serie de planteamientos spencerianos de origen biológico y se refiere a los llamados tres niveles básicos de adaptación:

1. Adaptación ecológica.
2. Adaptación social.
3. Adaptación cultural.

Estos tres niveles pueden considerarse como estructuras sociales particulares que se integran en una "estructura social básica".

En esencia, para Radcliffe-Brown "la estructura social" es un concepto que pretende vincular la antropología social con las ciencias biológicas, lo que significa que aún no se había encontrado la verdadera estructura formal de la antropología. Esto se ve con mayor claridad cuando se analiza la forma en que este autor identifica de hecho la estructura social con el conjunto de las relaciones sociales. Por su parte, Malinovski se plantea la tarea de estudiar la cultura como un fenómeno universal, elaborando para ello una metodología funcional que permita investigar las diferentes culturas primitivas por separado, pero sin cerrar las puertas a un análisis comparativo de éstas.

El concepto básico de la teoría en Malinovski es el concepto de función que, por cierto, no se emplea con un contenido univalente y riguroso.

Malinovski se propuso examinar las culturas primitivas como sistemas cerrados, pero comparables entre sí, buscando en las manifestaciones de la vida social de las sociedades primitivas

los vínculos dinámicos o funcionales entre el hombre y la cultura basados en el factor psicológico.

El método de análisis funcional permitió formular una serie de importantes ideas: la idea de la integralidad de cada cultura; la idea de la vinculación compleja o polivalente entre el individuo, la cultura y la sociedad; la idea de la necesidad de buscar las raíces de la cultura en las necesidades y cualidades del individuo, como portador básico de la cultura. De esta manera Malinovski, partiendo de los hechos externos observables en la conducta, logra remontarse por medio del análisis de las dependencias funcionales hasta los elementos de la cultura.

Como decíamos, la relación objeto-sujeto, tal como se ha venido presentando en las ciencias sociales, es para Lévi-Strauss uno de los obstáculos fundamentales que no permiten lograr los objetivos que él se plantea; según su opinión, ciencia verdadera es sólo aquella en la que se postula un dualismo entre el observador y su sujeto. La única forma de preservar ese dualismo en las ciencias sociales, según él, es la eliminación de la influencia que la conciencia del *sujeto* ejerce sobre el objeto y el sujeto. Recordemos lo que afirmaba Lévi-Strauss: "La conciencia aparece así como la enemiga secreta de las ciencias del hombre, bajo el doble aspecto de una conciencia espontánea, inmanente al objeto de observación, y de una conciencia reflexiva —conciencia de la conciencia— en el científico."[86]

El mérito de la lingüística consiste, en opinión de Lévi-Strauss, en que encontró la forma de solucionar este problema al establecer la "estructura inconsciente del pensamiento" Citemos otra vez.

> El lenguaje es un fenómeno social. Entre los fenómenos sociales es el que presenta en forma más clara los dos caracteres fundamentales que permiten un estudio científico. En primer lugar, casi todas las conductas lingüísticas se sitúan en el nivel del pensamiento inconsciente. Al hablar, no tenemos conciencia de las leyes sintácticas y morfológicas de la lengua. Además, carecemos de un conocimiento consciente de los fonemas que utilizamos para diferenciar el sentido de nuestras palabras; somos menos conscientes aún —supuesto que pudiéramos serlo a veces— de las oposiciones fonológicas que permiten analizar cada fonema en elementos diferenciales.[87]

Estos principios que acabamos de señalar caracterizan en lo fundamental el método que aplica Lévi-Strauss para la solución de algunos de los problemas de la etnología, o mejor dicho, la *etnografía teórica.*

La etnología es para la etnografía algo muy similar a lo que es la fonología para la fonética; de esto nos convence el examen de estos problemas en los que Lévi-Strauss, al aplicar el método estructural, obtiene nuevas soluciones. Entre estos problemas se mencionan con mayor insistencia los siguientes:

1. Los sistemas de parentesco en los pueblos primitivos.
2. El totemismo en las sociedades salvajes.
3. Los mitos y la mitología.

Como estos problemas son bien conocidos, pues han estado y siguen estando en la vorágine de discusiones originadas por la "moda estructuralista", no quisiéramos en esta ocasión detenernos en su exposición positiva, limitándonos sólo a algunas consideraciones generales.

El análisis de los fenómenos sociales que hace Lévi-Strauss centra su atención en el estudio de las características estructurales de la teoría investigativa, que es considerada como el modelo de la conciencia del científico. Los modelos cognoscitivos, según su opinión, tienen una naturaleza normativa y con ello empobrecen la realidad que estudian.

El antropólogo, por tanto, se puede encontrar con dos tipos de situaciones: puede construir los modelos de los fenómenos culturales suponiendo que los portadores de la cultura que él investiga no tienen conocimiento del carácter sistémico estructural de ella; o tiene que partir del hecho, o mejor dicho también de la suposición, de que los hombres, no sólo los científicos, piensan en forma estructural. Esto implica la necesidad de que el estudio de todo modelo de cultura será acompañado por el estudio de los modelos ya creados en los marcos de esa cultura, los llamados "modelos populares". Éste será uno de los factores más importantes, o mejor dicho, será un elemento de las culturas que el investigador estudie. Como es sabido, estos modelos, por regla general, no son satisfactorios desde el punto de vista de las exigencias rigurosas de las ciencias contemporáneas, pero con frecuencia resultaron mejores que algunos de los modelos elaborados por los antropólogos profesionales.

Uno de los problemas que Lévi-Strauss propone resolver con el método estructural es precisamente el problema de los vínculos y la interrelación entre estos dos tipos de modelos, y en general, el problema de los modelos de conciencia como la forma básica en que se manifiesta la estructura social. Para ello, en el centro de su investigación coloca el problema de la transformación de las relaciones que se presentan en los diferentes niveles de conciencia, desde "la popular" a la "científica actual", niveles que son de hecho "niveles estructurales". Esto explica la importancia que concede Lévi-Strauss al establecimiento de una "estructura pura" comprendida como un modelo isomórfico, al cual se puede arribar sólo por el camino de la elaboración de un modelo libre de las imposiciones de los hechos concretos observables. Para ello, posiblemente lo más importante sea la objetivización de las estructuras en la fenomenología del lenguaje, dejando a un lado el problema del por qué y el cómo estas estructuras fueron logradas, o sea, librándolas, según su opinión, de todo subjetivismo. Aparentemente, Lévi-Strauss cree encontrar en las sociedades primitivas estas estructuras objetivas fijadas en el lenguaje, por tener un carácter semiótico —el intercambio de mujeres, luego bienes, luego comunicaciones—, pero a nuestro modo de ver no consigue extraerlas de los marcos limitados de la sociedad concreta que la origina ni demostrar que dicho tipo de relaciones tiene un carácter más general.

Por eso es evidente la contradicción del principio de conservación de la estructura obtenida en un análisis sincrónico: con el estudio o, simplemente, con la interpretación del papel de las diferentes formas estructurales de la descripción del desarrollo histórico de la sociedad.

Todo lo expuesto parecería indicar que los planteamientos de Lévi-Strauss y el método que él propugna constituyen un método muy particular, aparentemente opuesto al método histórico y aplicable sólo a un tipo de sociedad, las más primitivas. En consonancia con esta valoración quisiéramos responder a una pregunta que surge desde el primer momento que iniciamos la meditación sobre las diferentes soluciones que el método estructural ofrece. ¿Si es lícito el método, cuál es su verdadero alcance? El propio Lévi-Strauss responde a esta cuestión con gran claridad, y aunque esta respuesta aparenta un significado muy particular, en esencia expresa la médula del problema y cierra la puerta a la moda estructuralista.

> Etnografía, etnología y antropología no constituyen tres disciplinas diferentes o tres concepciones diferentes de los mismos estudios. Son, en realidad, tres etapas o momentos de una misma investigación y la preferencia por uno u otro de estos términos sólo expresa que la atención está dirigida en forma predominante hacia un tipo de investigación que nunca puede excluir los otros dos.[88]

El método estructural, así como lo aplica Lévi-Strauss en la antropología, aspira a lograr la objetividad en el análisis de las estructuras abstractas; pero, sin reducir la realidad a esas estructuras y sin pretender universalizar su alcance, busca el modo de localizar y estudiar esas estructuras, pretende establecer las leyes que las vinculan con otras estructuras reales, con otros niveles estructurales. Así lo señala Lévi-Strauss, y esto nos parece un objetivo positivo y estamos de acuerdo en que un método basado en esos principios no está en contradicción ni con el método histórico ni con el método dialéctico-materialista. Él escribe:

> Y sin embargo, esta búsqueda intransigente de una objetividad total únicamente puede desenvolverse en un nivel en que los fenómenos conservan una significación humana y siguen siendo comprensibles —intelectual y sentimentalmente— para una conciencia individual. Este punto es sumamente importante, porque permite distinguir el tipo de objetividad al que aspira la antropología a diferencia del que interesa a las demás ciencias sociales; de éste puede decirse legítimamente que no es menos riguroso que aquél, aunque se sitúa en un plano diferente. Las realidades que tratan de alcanzar la ciencia económica y la demografía no son menos objetivas, pero nadie pretende exigir a estas ciencias que dichas realidades tengan un sentido de la experiencia vivida del sujeto, quien nunca encuentra en su devenir histórico objetos tales como el valor, la rentabilidad, la productividad marginal o la población máxima. Son éstas nociones abstractas, el uso que de ellas hacen las ciencias sociales les permite aproximarse a las ciencias exactas y naturales, pero de un modo totalmente distinto, porque desde este punto de vista la antropología se aproxima más bien a las ciencias humanas. La antropología quiere ser una

"ciencia semiológica", se ubica resueltamente en el plano de la significación.[69]

Posiblemente existe cierta contradicción entre estas frases y otras que hemos citado con anterioridad, para señalar por cuál camino se estaban creando las condiciones para la absolutización del método estructural y su aplicación superficial, metafísica e indiscriminada a cualquier tipo de realidad.

Lo que ocurre es que los criterios, los conceptos y los principios que se aplican a una estructura abstracta, con el fin de crear una ciencia semiológica, deben ser manejados con gran cuidado e interpretados muy específicamente y no en su significado tradicional, y menos aún mecánicamente.

Tomemos, por ejemplo, el concepto de "estructura inconsciente", que es fundamental para la solución de este problema. Es evidente que si el término "inconsciente" lo interpretamos en la forma clásica en que lo ha venido usando el freudismo, es decir, como un impulso emocional de carácter instintivo, no haríamos otra cosa que falsear el contenido que el método estructural le adjudica. Como sabemos, lo inconsciente es interpretado por Lévi-Strauss como ciertas formas de carácter humano muy generales, que se imponen independientemente de la conciencia humana a fenómenos de diferentes contenidos, los que a su vez determinan la actividad del hombre, pese a que esta actividad aparenta ser libre. El mérito de Lévi-Strauss consiste en que su análisis concreto de las relaciones de parentesco, el totemismo, supo encontrar estas estructuras y analizarlas científicamente. Ahora bien, ¿en qué esferas de la realidad social se presentan estas estructuras? ¿Cuál es su origen y su alcance? Es un problema que aún está por investigar en sus aspectos fundamentales: el filosófico y el científico experimental.

Por el momento, esta investigación se ha venido realizando desde posiciones que no corresponden al contenido científico-racional del pensamiento del propio Lévi-Strauss. Nos referimos, en primer lugar, a los intentos de conjugar el psicoanálisis con la lingüística estructural para analizar las "estructuras inconscientes"; intentos que conducen al establecimiento de una primacía absoluta de la estructura del subconsciente sobre la actividad consciente del hombre. Y, en segundo lugar, el intento de interpretar la historia de la cultura como algo determinado, en última instancia, por ciertos esquemas inconscientes, o mejor dicho, por estructuras sincrónicas que se su-

ceden mecánicamente pero que no se desarrollan en un proceso dialéctico de superación, lucha y transformación.

En el momento del paso del examen de un fenómeno concreto a las generalizaciones teóricas es imprescindible recurrir a los criterios filosóficos; es necesario establecer el contenido científico general o filosófico de los conceptos que se manejan para la elaboración de ciertas concepciones teóricas.

El método estructural, como ya hemos señalado, elabora una serie de conceptos que reemplazan en el plano filosófico a los que estuvieron hace unos años de moda en las ciencias sociales: existencia, vivencia, subjetividad, no ser, la nada. Ahora están de moda los conceptos de sistema, estructura, totalidad, dirección, organización. Esta sustitución tiene un profundo contenido positivo: por un lado refleja la crisis del pensamiento idealista de signo existencialista-subjetivista, y por el otro, expresa un vuelco hacia la problemática científico general antisubjetivista. No obstante, es necesario tener presente que la sustitución en sí de estos conceptos, nos dice bien poco sobre el verdadero contenido que en el plano teórico-filosófico se da a los nuevos conceptos: materialista e idealista, dialéctico o metafísico.

Pero independientemente de este contenido teórico, se puede afirmar que, dado el carácter embrional en que por el momento se encuentra la fundamentación teórica del enfoque sistémico y sus métodos, dado el carácter limitado científico-particular que caracteriza la elaboración de los conceptos fundamentales con que se realizan las investigaciones sistémicas y, sobre todo, debido al estrecho margen de fenómenos reales que han sido analizados con éxito con los nuevos criterios, todo intento de convertir mecánicamente los resultados obtenidos en un método universal, ya sea científico-general o bien de carácter filosófico, es ilícito en el plano científico, independientemente de su interpretación materialista o idealista.

Por estas razones se debe señalar que hoy día el surgimiento de una filosofía estructuralista, y en ciertos casos de teorías sistémicas, es, en esencia, una forma de combatir al marxismo, de buscar la forma de sustituir el método dialéctico materialista por la metodología sistemo-estructural.

Ahora, como resumen de lo expuesto, quisiéramos establecer una distinción entre los elementos positivos que aporta la aplicación del enfoque sistémico y del método estructural en

esta ciencia, y las conclusiones metodológicas de signo estructuralista.

En primer término, es necesario señalar que Lévi-Strauss no es autor directo del estructuralismo filosófico, y que el método estructural, que caracteriza sus trabajos, no se puede definir como antimaterialista, antihistoricista, antidialéctico. Es cierto que algunos de los planteamientos de este autor son incompatibles con las soluciones marxistas y, efectivamente, pueden ser interpretados de un modo idealista o antihistoricista. En realidad, si la obra de Lévi-Strauss es muy compleja, más aún lo es la valoración del significado teórico del método estructural en ella implícito. Nuestra opinión al respecto es la siguiente:

1. Su valor científico es indiscutible tanto en lo que se refiere a los resultados concretos de la investigación como a la elaboración de un método particular.

2. El método estructural en general no está en contradicción con el método materialista.

3. El pensamiento científico de Lévi-Strauss es esencialmente materialista. La "estructura inconsciente" no es la negación de la prioridad del mundo objetivo, sino una forma de su manifestación.

4. El análisis sincrónico de las estructuras formalizadas no excluye, sino que presupone el análisis diacrónico. En este sentido estamos de acuerdo con la conclusión de Meletinski, quien después de un estudio profundo de la obra de Lévi-Strauss, escribió en su artículo "Claude Lévi-Strauss y la tipología estructural del mito":

> Según Lévi-Strauss, el mito es simultáneamente diacrónico, en su calidad de exposición histórica del pasado, y sincrónico, en su calidad de instrumento para explicar el presente y hasta el futuro. Por eso los mitemas son algo así como haces de relaciones de estas dos dimensiones: la diacrónica y la sincrónica, y en calidad de tales, descubren su naturaleza significativa.[99]

5. La contraposición de las ciencias naturales y las sociales tiene un doble significado; por un lado, el elemento negativo que hemos señalado de tomar como modelo un tipo de determinación, pero, por el otro, un profundo contenido positivo al considerar que existe a un determinado nivel una unidad de todas las ciencias que presupone la posibilidad de un

método universal del conocimiento. Este método universal, como sabemos, es el método dialéctico materialista y tales métodos son los científicos generales. Y, entre ellos, el enfoque sistémico y el método estructural.

6. Aparte de que algunos de los planteamientos de Lévi-Strauss no coinciden objetivamente con las ideas marxistas, él mismo ha señalado que está de acuerdo con Marx en que, fuera de la actividad vital de los individuos, entre éstos se establecen relaciones objetivas que no dependen de su conciencia, pero, al reflejarse en ella, ejercen su influencia en la conducta del hombre. Lévi-Strauss reconoce la justeza de los planteamientos de Marx y Engels acerca de las relaciones existentes entre la base y la superestructura y considera que sus trabajos son una contribución al análisis del mecanismo que caracteriza estas relaciones.

El enfoque sistemo-estructural y su aplicación al análisis del proceso histórico

El estudio de los caminos seguidos por el método sistemo-estructural y los intentos de introducirlo en las ciencias sociales, ignorando los planteamientos elaborados en los marcos de la metodología dialéctico materialista, nos muestra, una vez más, la esterilidad de aquellas concepciones que bajo el denominador común de "estructuralismo" han pretendido *llenar un supuesto vacío teórico* en el estudio de los fenómenos sociales.

¿Es que acaso antes de los planteamientos estructuralistas, la organización sistémica estructural de los fenómenos sociales era algo desconocido en la ciencia?

La dialéctica materialista, que constituye la médula de la teoría marxista, se define precisamente como la ciencia de los vínculos generales de los fenómenos y las leyes de su desarrollo. Y fue precisamente el marxismo el que, al examinar todos los fenómenos de la naturaleza como sistemas de vínculos dialécticos, introdujo en la metodología general de la ciencia el problema de los vínculos en sus dos planos básicos: el funcionamiento y el desarrollo de los sistemas reales.

La dialéctica materialista, al constituirse como una teoría general del desarrollo de los fenómenos reales, elaboró un sistema de categorías y conceptos en las que se reflejaron las características de esa realidad y las particularidades del pro-

ceso cognoscitivo, sistema de categorías que ofrece, en principio, una solución positiva y científica al problema de la relación objeto-sujeto.

Este sistema de categorías y conceptos no es, como ya lo hemos subrayado varias veces, un sistema cerrado, sino un sistema de desarrollo que se enriquece con la incorporación de nuevos elementos y el surgimiento de nuevos tipos de relaciones entre sus elementos básicos.

Al iniciar nuestro trabajo, hicimos hincapié en el hecho de que la incorporación de una serie de nuevos conceptos —nuevos no por su nombre, sino por el contenido concreto que estos habían adquirido al ser elaborados y desarrollados en una serie de ciencias particulares— exigió y exige cierto "reajuste" en el contenido de los viejos conceptos, y fue necesario establecer nuevas delimitaciones en el contenido de los ya existentes. Decíamos entonces que, con la incorporación al sistema de categorías científicas de los conceptos de sistema y estructura, se habían visto "afectadas" las categorías de ley, forma, contenido, calidad, medida, cantidad, cualidad, y otras.

Este es sólo un aspecto del problema; el otro, posiblemente el más importante, tanto en el plano de la metodología general de la ciencia como en el filosófico, consiste en que estas nuevas categorías elaboradas inicialmente en esferas particulares del conocimiento científico, al ser incorporadas al sistema existente de categorías y conceptos, reciben la influencia del sistema por infinidad de canales y, como resultado, no sólo rectifican su contenido inicial, sino que al incorporarse al sistema de vínculos, adquieren nuevas características antes no descubiertas en su aplicación a fenómenos particulares y limitados, pues el verdadero contenido de cualquier concepto queda definitivamente establecido sólo en los marcos del sistema a que se incorpora.

Esto ocurre, naturalmente, cuando los conceptos particulares de una ciencia, o de un nivel del conocimiento, se quieren incorporar a otra ciencia o a otro nivel cognoscitivo. Como sabemos, para llevar a cabo tal incorporación, se puede seguir por dos caminos diferentes, pudiera decirse, por dos direcciones contrarias: una implicaría la aceptación, como punto de partida, del sistema conceptual de la teoría de nivel superior al cual los nuevos conceptos se incorporan; la otra buscaría la forma de simplificar este nivel superior, reduciéndolo a un nivel similar o análogo al tipo de realidad que ha dado origen y vida a la nueva categoría.

Todas las ciencias particulares que hasta el momento hemos analizado, por aplicarse a ellas el enfoque sistémico y el método estructural basados en un concepto bien definido en los marcos de estas ciencias, de sistema y estructura, han seguido este segundo camino, un camino reduccionista, en esencia o en lo fundamental metafísico, y con resultados sumamente pobres en el plano metodológico.

Se ha "descubierto" que en la organización de los objetos de las diferentes ciencias se pueden establecer niveles estructurales, o sea, una graduación que va de lo simple a lo complejo. Se ha "descubierto" que, debido a la integridad del objeto como sistema, estos niveles guardan una relación doble: funcional y genética, y se ha considerado que posiblemente se logre obtener por el estudio detallado de esas estructuras más simples un conocimiento riguroso —la rigurosidad de la determinación rígida— de estos objetos complejos.

Como hemos intentado demostrar en nuestra exposición, la aplicación en algunas de las ciencias de un método o enfoque basados en conceptos estrechos de estructura y sistema, si es que ha tenido ciertos resultados positivos, éstos se han alcanzado sólo con respecto a sectores muy específicos de la realidad, y no se han logrado elaborar aún criterios científicamente aceptables que permitan traducir la complejidad de una estructura de nivel superior a las relaciones formalizadas de las simples, ni se ha conseguido universalizar el método aplicado para el conocimiento de las estructuras simples, para emplearlo en estructuras más complejas.

El "fracaso" de todos los intentos de aplicar el enfoque sistémico a ciencias de objetos tan complejos como la historia y la psicología, siguiendo estos criterios reduccionistas, es decir, buscando una estructura *simple, objetiva* y *representativa,* es un testimonio muy elocuente de la falsedad teórica de este camino.

El propio Lévi-Strauss reiteradas veces ha señalado las dificultades y la forzada estrechez que debe tener toda investigación que pretende utilizar los métodos estructurales por él elaborados. He aquí algunas frases: "La investigación, para ser legítima, debe ceñirse a una pequeña región, de fronteras claramente definidas, y las comparaciones no podrán ser extendidas más allá del área elegida como objeto de estudio."[91]

"Cuando el investigador —escribe— se limita al estudio de una sola región, es posible realizar un trabajo excelente; la experiencia prueba que las mejores monografías se deben ge-

neralmente a investigadores que han vivido y trabajado en una sola región."[92]

En otras ocasiones ha afirmado que el método estructural que exige, además de un reduccionismo especial, la reducción de "lo consciente" a "lo inconsciente", no puede ser aplicado a la historia ni a la sociología por el mismo camino que lo fue en otras ciencias.

> El debate se reduce, pues, al problema de las relaciones entre la historia y la etnología en sentido estricto. Nos proponemos mostrar que la diferencia fundamental entre ambas no es de objeto, ni de propósito, ni de método. Teniendo el mismo propósito, que es una mejor inteligencia del hombre, y un método que sólo varía en cuanto a la dosificación de los procedimientos de investigación, se distinguen sobre todo por la elección de perspectivas complementarias: la historia organiza sus datos en relación con las expresiones conscientes de la vida social; y la etnología, en relación con las condiciones inconscientes.[93]

Naturalmente que no se trata sólo de una distinción en la "clasificación" ni en la "elección de perspectivas complementarias", pues como ya hemos señalado, citando al propio Lévi-Strauss, la existencia de las estructuras inconscientes es la piedra angular del método estructural aplicado por este autor. Sin tal estructura, el "estructuralismo" sería un término vacío, ya que es precisamente esa estructura "inconsciente" la que, según él, permite la elaboración de una teoría sobre los sujetos reales.

> En consecuencia —escribe Lévi-Strauss— tanto en la lingüística como en la etnología, la generalización no se funda en la comparación, sino a la inversa; si como lo creemos nosotros, la actividad inconsciente del espíritu consiste en imponer formas a un contenido, y si estas formas son fundamentalmente las mismas para todos los espíritus antiguos y modernos, primitivos y civilizados —como lo muestra de manera tan brillante el estudio de la función simbólica, tal como ésta se expresa en el lenguaje— es necesario y suficiente alcanzar la estructura inconsciente que subyace en cada institución o cada costumbre para obtener un principio de interpretación válida para

otras instituciones y otras costumbres, a condición, naturalmente, de llevar lo bastante adelante el análisis.[94]

Esto, afirma Lévi-Strauss, en la "historia" no se ha podido lograr, a pesar de que "la historia económica es, en gran medida, la historia de operaciones inconscientes."[95]

Es cierto que en determinados momentos de su investigación Lévi-Strauss ha manifestado la posibilidad de elaborar una ciencia general del hombre que sintetizaría ciencias ya existentes, una "antropología entendida en el sentido más amplio del término". Eso hubiera sido fácil, asegura, si entre el lenguaje —la estructura inconsciente óptima— y la cultura hubiese existido una correspondencia absoluta, pero como eso no es así: "Mi hipótesis de trabajo —escribe— pretende, pues, ocupar una posición intermedia: es probable que puedan descubrirse ciertas correlaciones entre determinados aspectos y en ciertos niveles, para nosotros se trata de encontrar cuáles son esos aspectos y dónde están esos niveles."[96]

Lévi-Strauss parece ser que no los llegó a encontrar, pero otros autores, inspirados en principios metodológicos en gran medida similares, aunque estrictamente reduccionistas, afirman que para la historia general y para la historia de la cultura particular, sí han logrado descubrir esas estructuras objetivas y han de revolucionar todas las ciencias del hombre.

El ejemplo más significativo de dicha "revolución" lo encontramos en los trabajos de Michel Foucault, entre los cuales *Las palabras y las cosas* (México, 1968) y *La arqueología del saber* (México, 1970) pueden servirnos de ejemplo para ilustrar la esterilidad de la aplicación metafísica de esas concepciones reduccionistas a la esfera de las ciencias humanas.

Naturalmente, por tratarse de un ejemplo, nos limitaremos sólo a algunos de los problemas que este autor plantea con respecto a la historia y a la posibilidad de aplicar para su estudio un *método estructural* que, en este caso, se presenta como una alternativa a la concepción materialista de la historia.

A veces se ha puesto en duda si este autor se debe o no catalogar entre los estructuralistas; esa duda surge por el hecho de que en sus obras las estructuras y el concepto de estructura no presentan algunos de los atributos que caracterizan a estos componentes esenciales del enfoque estructural en la lingüística: los invariantes abstractos y las leyes de transformación. Para nosotros estas diferencias no son lo suficientemente profundas como para llegar a la conclusión de que en la obra de

M. Foucault no estamos ante un caso explícito de estructuralismo. Sobre el que el propio autor diría: "El estructuralismo no es un método nuevo; es la conciencia despierta e inquieta del saber moderno."[97]

J. Piaget, en su interesante libro *El estructuralismo* (París, 1968), define la concepción de M. Foucault como "un estructuralismo sin estructuras" y, con respecto a esto, pudiéramos estar de acuerdo a pesar de que consideramos que las *epistemes* de su teoría de la historia no son otra cosa que una variante de las estructuras inconscientes del saber, que es una de las metas a que aspira todo estructuralista.

Estas *epistemes* son estructuras *a priori;* un orden al cual se someten todas las formas de pensamiento: "El orden es, a la vez, lo que se da en las cosas como su ley interior, la red secreta según la cual se miran en cierta forma unas a otras, y lo que no existe a no ser a través de la reja de una mirada, de una atención, de un lenguaje."[98]

Las *epistemes* son algo así como unas estructuras sincrónicas que, a pesar de sucederse en el proceso histórico, no están vinculadas entre sí, ni genética ni lógicamente; *episteme* es "aquello a partir de lo cual han sido posibles conocimientos y teorías; según cual espacio de orden se ha constituido el saber (. . .) han podido aparecer las ideas, constituirse las ciencias, reflexionarse las experiencias en las filosofías, formarse las racionalidades para anularse y desvanecerse quizás pronto",[99] o sea, las *epistemes* son las estructuras *a priori* de la historia.

La historia de Europa, o mejor dicho, del pensamiento europeo, según este autor, se divide desde el siglo XVI hasta nuestros días en tres grandes *epistemes.*

La del Renacimiento, en que el concepto básico de las formas de pensamiento es la *semejanza.* En gran parte, según este autor, fue ésta la que guió la exégesis o interpretación de los textos, la que organizó el juego de los símbolos, la que permitió el conocimiento de las cosas visibles e indivisibles, la que dirigió el arte de representarlos.

La *semejanza* fue el principio que rigió la estructuración del saber por medio de un sistema de conceptos que el propio Foucault denomina "formas", según las cuales los objetos establecían las relaciones de similitud en este sistema. El propio autor destaca cuatro que merece la pena analizar, para ver con mayor claridad el método de razonamiento de éste.

La *convenientia,* "la vecindad de los lugares", son "convenientes las cosas que, acercándose una a otra, se unen, sus bordes se tocan, sus franjas se mezclan, la extremidad de una traza el principio de otra".[100]

La *emulatio,* esta segunda forma de similitud es una especie de conveniencia que estaría libre de la ley del lugar y jugaría inmóvil en la distancia. Por medio de esta relación, diría a continuación el autor, las cosas pueden imitarse de un cabo a otro del universo sin encadenamiento.

La *analogía* sería la tercera de las formas de similitud; "su poder es inmenso, pues las similitudes de las que trata no son las visibles y macizas de las cosas mismas; basta con que sean las semejanzas más sutiles de las relaciones".[101]

La *simpatía,* la cuarta forma: "Es el principio de la movilidad: atrae lo pesado hacia la pesantez del suelo y lo ligero hacia el éter sin peso; lleva las raíces hasta el agua y hace girar, con la curva del Sol, a la gran flor amarilla del girasol."[102]

Todas las relaciones de semejanza se expresan adecuadamente por medio de las palabras. "Toda semejanza no es sino una forma medianera de la misma semejanza (...). La signatura y lo que designa son exactamente de la misma naturaleza; sólo obedecen a una ley de distribución diferente; el corte en el mismo."[103]

En una palabra, en los marcos de esta *episteme* el conocimiento sólo funciona con un alcance limitado, "Saber —dice Foucault— consiste en referir el lenguaje al lenguaje; en restituir la gran planicie uniforme de las palabras y las cosas. Hacer hablar a todo (...). Lo propio del saber no es ni ver ni demostrar, sino interpretar."[104] El saber y la ciencia sólo pueden existir en esta organización.

A mediados del siglo XVII esta *episteme,* o forma de pensar, es sustituida por otra en la que las palabras se separan de las cosas formando una red clasificatoria que se impone al mundo real de las cosas. El principio organizativo de esta *episteme* ya no es la similitud, pues el pensamiento deja de moverse dentro del elemento de semejanza y éste es criticado por pensadores tales como Bacon, Descartes y otros; de modo que lo semejante —que durante mucho tiempo había sido una categoría fundamental del saber, a la vez forma y contenido del conocimiento— se ve disociado en un análisis hecho en términos de identidad y de diferencia; además, ya sea indirectamente por intermedio de la medida, o directamente al mismo nivel,

la comparación se remite al orden; por último, el papel de la comparación consiste en revelar el ordenamiento del mundo. Ahora aparece un nuevo concepto: la *identidad*. ¿Cuáles son los motivos? ¿Qué mecanismo lo determina? No lo sabemos. Pero desde entonces "el texto deja de formar parte de los signos y de las formas de la verdad; el lenguaje no es ya una de las figuras del mundo, ni la signatura impuesta a las cosas desde el fondo de los tiempos. La verdad encuentra su manifestación y su signo en la percepción evidente y definida."[105]

La nueva *episteme* crea un sistema de signos en lugar del lenguaje y una teoría que sirve para ordenar los conocimientos y establecer su origen, convirtiéndose en una nueva estructura del saber, de la conciencia, del modo de pensar.

En una palabra, según este autor, el lenguaje ahora no es más que un sistema de signos, libre o casi libre, de las cosas, y por tanto constituye una estructura más objetiva que de hecho se hace casi invisible.

"En todo caso —escribe Foucault— se ha hecho tan transparente a la representación, que su ser deja de ser un problema."[106]

En este período la ciencia y la historia del pensamiento no pueden rebasar los marcos de la *episteme*. El discurso científico, el saber, se limita según este autor a atribuir un nombre a las cosas y nombrar su ser en este nombre: "durante dos siglos, el discurso occidental al nombrar el ser toda representación en general era filosofía, teoría del conocimiento y análisis de las ideas. Al atribuir a cada cosa presentada el nombre que le convenía y por encima de todo el campo de la representación, disponía la red de una lengua bien hecha, era ciencia —nomenclatura y taxinomia".[107]

A fines del siglo XVIII y principios del XIX la *episteme* cambia, tampoco sabemos el porqué. Surgen las ciencias contemporáneas: la economía política, la biología y la lingüística, que constituyeron una estructura tridimensional del saber; el lenguaje adquiere un nuevo significado y surgen varios conceptos organizadores del modo de pensar: "el trabajo", "la vida", "el desarrollo", "el hombre" y otros.

Así describe Foucault la nueva *episteme*, que más bien pudiera ahora definirse como un intento de ordenación limitada o de clasificación de las ciencias:

> Es necesario —escribe— representarse el dominio de la *episteme* moderna como un espacio voluminoso y abierto

de acuerdo con tres dimensiones. Sobre una de ellas se colocarían las ciencias matemáticas y físicas, para las cuales el orden es siempre un encadenamiento deductivo y lineal de proposiciones evidentes y comprobadas; en otra dimensión estarían las ciencias como las del lenguaje, de la vida, de la producción y de la distribución de las riquezas, que proceden a poner en relación elementos discontinuos pero análogos, de tal modo que puedan establecerse relaciones causales y, entre ellas, relaciones causales y constantes de estructura (...). En cuanto a la tercera dimensión, se trataría de la reflexión filosófica que se desarrolla como pensamiento de la misma.[108]

En esta *episteme*, como se puede ver, no hay lugar para un determinado tipo de ciencias; según Foucault: "Las ciencias humanas están excluidas de este tiedro epistemológico."[109]

Lo único que pueden hacer estas ciencias es proceder según los modelos de las ciencias ya mencionadas y tomar sus conceptos de la biología, la economía y las ciencias del lenguaje. Pero eso no resuelve, según el autor, las dificultades que enfrentan estas ciencias sociales; por tanto, se han de caracterizar por "su precariedad, y su incertidumbre como ciencia, su peligrosa familiaridad con la filosofía, su mal definido apoyo en otros dominios del saber, su carácter siempre secundario y derivado..."[110] En una palabra, en la *episteme* moderna las ciencias humanas "no pueden ser ciencias; en efecto, lo que las hace posible es cierta situación de vecindad con respecto a la biología, la economía y la filosofía —o la lingüística—; no existen sino en la medida en que se alojan al lado de éstas".[111]

Como hemos podido ver, según este esquema que nos ofrece un trío de estructuras del pensamiento, estructuras que determinan las posibilidades y el alcance de la ciencia y culminan con una conclusión típicamente estructuralista, o por lo menos similar a la que sirve de punto de partida a Lévi-Strauss, no existen verdaderas ciencias sociales; para que esto sea posible, es necesario encontrar una estructura nueva, una *episteme* superior que haga esto posible. Es precisamente en la búsqueda de ésta y en su fundamentación que se elabora el método estructuralista de la ciencia histórica, o como la definiera el propio Foucault: una nueva arqueología del saber social e

histórico. El título que lleva su último libro es *La arqueología del saber* (ed. francesa, 1969; ed. en español, México, 1970).

> No se trata —escribe Foucault— de transferir al dominio de la historia, y singularmente de la historia de los conocimientos, un método estructuralista que ya ha sido probado en otros campos de análisis. Se trata de despegar los principios y las consecuencias de una transformación autóctona que está en vías de realización en el dominio del saber histórico. Que esta transformación, los problemas que plantea, los instrumentos que utiliza, los conceptos que en ella se definen y los resultados que obtiene, no sean en cierta medida ajenos a lo que se llama análisis estructural, es muy posible. Pero no es este análisis el que, específicamente, se halla en juego.[112]

Este nuevo método, según Foucault, debe contemplar lo siguiente: a) examinar la historia como un fenómeno discontinuo, como una secuencia de rupturas; b) liberar el análisis histórico "del tema antropológico"; c) liberarlo "de todo un juego de nociones que diversifican, cada una a su modo, el tema de la continuidad";[113] estas nociones son: tradición, influencia, desarrollo, evolución; d) revisar los cortes cognoscitivos tradicionales, es decir, los conceptos de ciencia, literatura, filosofía, religión, la historia y otros, por ejemplo, libro y obra.

En *La arqueología del saber* Foucault intenta demostrar cómo por medio de estas estructuras son posibles las ciencias del hombre, ciencias libres de subjetivismo y suceptibles a una formalización más rigurosa que la actual.

Es evidente que esta reducción de la realidad pensable a esas supuestas formas objetivas del lenguaje, es el resultado de una actitud metodológica inicial incorrecta del autor de esta teoría, actitud basada en la negación apriorística de que lo social no puede ser captado en su movimiento dialéctico y que el sujeto, en su doble condición de objeto y de sujeto, debe ser sustituido por esa estructura indiferente al psicologismo, a la ideología y demás "vicios" del sujeto.

La trama real de relaciones sociales en sus múltiples tipos de vinculaciones, de estructuras reales, se rechaza ya en la etapa inicial de aplicación del método con el rechazo de esa gran lista de conceptos viciados que enumerábamos unas páginas atrás.

Naturalmente, la dialéctica materialista es para este autor, y en general para todo estructuralismo, un obstáculo a superar, ya que ven en ella sólo una forma particular de continuidad, de historicismo injustificable, etcétera. Y no captan que es precisamente la dialéctica y la concepción dialéctico-materialista de la historia la única teoría que sintetiza en una unidad lo continuo y lo discontinuo, lo histórico y lo lógico, lo sincrónico y lo diacrónico.

Estos problemas, que son una obsesión y una dificultad para los partidarios del método estructural, son, no obstante, tópicos metodológicamente resueltos por la dialéctica.

De aquí que, a nuestro modo de ver, una serie de planteamientos particulares elaborados con la aplicación del método estructural a esferas particulares de la ciencia tengan perspectivas de desarrollo sólo con la incorporación de esos procedimientos y métodos de la teoría dialéctica en su función metodológica, aplicada al desarrollo histórico. Lo mismo que los nuevos conceptos del "estructuralismo" adquirirán su ciudadanía científica verdadera sólo al lograr su inclusión en el sistema conceptual de la metodología científico-general o de la dialéctica materialista.

Ahora bien, sabemos que los amagos de elaboración de un método filosófico estructuralista han seguido el camino de su incorporación a otros sistemas filosóficos. Es sólo en este sentido que se puede hablar de cierta *filosofía estructuralista;* pero hablar ya de una filosofía como tal, de hecho aún no existe y posiblemente no llegará a existir nunca.

Es cierto que algunos conceptos del método estructural, al ser incorporados a sistemas filosóficos no marxistas, pueden crear la ilusión de que se ha creado un nuevo "ismo", y no se puede excluir que en un determinado momento un autor declare que ha elaborado un sistema filosófico nuevo basado en el concepto de estructura.

Por el momento, el análisis comparativo del método estructural y el método dialéctico materialista no puede ser una confrontación entre dos sistemas filosóficos, sino la confrontación entre un método particular que ofrece ciertas implicaciones de carácter filosófico o científico-general, y el método filosófico del materialismo dialéctico.

Desde este punto de vista, sí se pueden hacer algunas apreciaciones importantes en el plano de la confrontación. Pero ésta es una tarea aún por realizar. Esa confrontación aún no

se ha iniciado por ninguna de las dos partes: los filósofos marxistas y los investigadores que aplican algunos de los principios del método estructural en ciencias particulares.

Mejor dicho, sí se ha iniciado, pero es aún prematuro intentar resumir los resultados obtenidos.

4. DEL ENFOQUE SISTÉMICO A LA TEORÍA GENERAL DE LOS SISTEMAS

Los éxitos logrados en las diferentes ciencias particulares, que de una u otra forma han aplicado y aplican criterios sistémicos y métodos afines a dichos criterios —métodos estructurales, funcionales, etcétera—, así como la evidencia intuitiva de que tales enfoques y métodos habían de aportar frutos incuestionables en aquellas esferas del saber que permanecieron ajenas a tales prácticas investigativas, han sido algunos de los factores que han impulsado la búsqueda de una *teoría general de los sistemas;* teoría que tendría como objetivo fundamental la elaboración de los fundamentos metodológicos de toda investigación sistémica, sea ésta en forma de una metateoría sobre los sistemas, o se limite a la elaboración de ciertos principios metodológicos básicos del conocimiento sistémico.

El análisis de los caminos seguidos en la generalización teórica de los resultados de la aplicación del enfoque sistémico en las ciencias particulares confirma, una vez más, la necesidad de tomar como punto de partida la solución que, en los marcos de la filosofía dialéctico-materialista, se ofrece a la relación de los términos "enfoque", "método", "metodología", que utilizamos para definir el grado de generalidad teórica de nuestros conocimientos.

No siempre las definiciones formales de dichos términos son satisfactorias, ni existe una opinión única sobre la función metodológica del saber científico general de sus conceptos y métodos. No obstante esta divergencia, quisiéramos destacar algunos de los factores que permiten, con cierto grado de objetividad, establecer una distinción no sólo entre la metodología filosófica y científico general, sino también en el contenido de los conceptos "metodología", "enfoque" y "método".

En primer lugar, vamos a repetir que estos conceptos tienen un valor relativo y, por tanto, un uso polivalente, determinado por el punto de referencia elegido en el momento de su utilización. Este punto de referencia puede ser —se entiende que

todo esto ocurre en los marcos del proceso del conocimiento científico— el propio objeto de la investigación, que siempre está situado en un marco de relaciones objetivas jerárquicas, o una ciencia, por estar colocada en un nivel cognoscitivo determinado, y que por el grupo de leyes que la caracterizan como tal, guarda una relación de supeditación respecto a otros grupos de leyes más generales.

Esto significa que lo que a cierto nivel de abstracción científica denominamos método, en otro, de hecho, puede recibir el nombre de metodología. Esto se debe, exclusivamente, al lugar y la función que en cada caso concreto cumple en el proceso del conocimiento. En cierto sentido, se puede estar de acuerdo con aquellos que afirman que sólo existe una metodología —la metodología lógico-filosófica—, y que los problemas metodológicos de las diferentes ciencias se deben resolver desde las posiciones de la lógica dialéctica y la lógica formal, en su calidad de métodos universales del conocimiento. Pero este planteamiento, a nuestro modo de ver, no significa que necesariamente esta elaboración de los principios metodológicos de la investigación los hemos de buscar sólo en la esfera de la filosofía. Ésta es una posibilidad a la que, en determinadas etapas del desarrollo de una ciencia, se puede o debe recurrir. Por ejemplo, la ya mencionada crisis del aparato conceptual y los métodos de la física clásica exigió para su superación el concurso de la filosofía dialéctico-materialista.

Pero, como bien decía Lenin, "toda ciencia es una lógica aplicada", es decir, representa un sistema de principios lógicos y un conjunto de conocimientos sobre la organización interna y los métodos por ella empleados: de esta manera es lícito afirmar que la metodología lógico-filosófica se manifiesta en forma concreta, se realiza en las diferentes ciencias y adquiere características particulares en conformidad con el objeto de estas ciencias, o sea, es también lícita la conclusión que existe no sólo una metodología general de la ciencia, sino una metodología particular condicionada por el método dialéctico en su aplicación a una esfera concreta del conocimiento. Esta metodología tendrá vigencia como tal sólo con respecto a los objetos concretos y a los fenómenos que caracterizan a esta ciencia, y será un factor que aportará posibles elementos para el enriquecimiento del método dialéctico de la filosofía. Sin embargo, con el surgimiento de los métodos científicos generales, el término "metodología" se emplea también en un pla-

no algo diferente al expuesto. Empleo que, en nuestro criterio, no implica ninguna contradicción con la afirmación de que existe sólo una metodología, sino que descubre la gran variedad de formas en que ésta se realiza en el proceso de desarrollo de la ciencia.

Gorski, al señalar que el concepto de metodología *general* de las ciencias no se agota con el grupo de problemas que estudia la lógica dialéctica y la teoría marxista del conocimiento, escribe:

> Cada teoría científica puede ser examinada como un sistema de posiciones que reflejan cualidades esenciales y vínculos entre los objetos de un fragmento determinado de la realidad. La ciencia en su conjunto es precisamente un sistema de tales teorías científicas. Y cuando el objeto de la investigación lo constituyen las teorías científicas, o sea, la propia ciencia, surgen una serie de cuestiones muy importantes en el plano metodológico.[114]

Este tipo de problemas se refiere de hecho a un grupo de métodos aún en formación, que ni siquiera ha recibido hasta el momento una definición única. Nosotros los denominamos científicos generales, otros hablan sobre una metateoría de la ciencia, y unos terceros proponen el término de "cienciología". Estos métodos y sus conceptos fundamentales, indudablemente, deben cumplir con respecto a cada ciencia concreta una función metodológica. El hecho de que el fundamento teórico de este nuevo nivel del conocimiento científico lo constituyen los principios del materialismo dialéctico, no implica la necesidad de una posible identificación de las conclusiones metodológicas de estos niveles del conocimiento científico, a pesar de que para definir su relación con las ciencias particulares empleamos indiscriminadamente el mismo término: "metodología".

Resumiendo, es posible aceptar como definición aproximada la siguiente: *aquellos resultados y conclusiones teóricos obtenidos del estudio de leyes o esencias de "orden superior" tienen un significado metodológico al ser aplicados a leyes o esencias de orden inferior.*

Al ofrecer esta definición hemos tenido presente los planteamientos de Lenin sobre la relación entre ley y esencia y sobre el proceso de desarrollo del conocimiento de una esencia a otra más profunda. Recordemos esta frase de Lenin: *"Ergo,*

ley y esencia son conceptos del mismo tipo (del mismo orden) o más bien, del mismo grado, y expresan la profundización del conocimiento, por el hombre, de los fenómenos del mundo, etcétera."[115] Y la expresión que hace de los elementos de la dialéctica, entre los cuales señala:

11) el infinito proceso de profundización del conocimiento de las cosas del hombre, de su conocimiento de los fenómenos, los procesos, etcétera, que va de la apariencia a la esencia y de la esencia menos profunda a la más profunda.

12) de la coexistencia a la causalidad y de la forma de conexión y de interdependencia a otra forma más profunda, más general.[116]

Creemos que Lenin nos está recordando la necesidad de tener en cuenta y no olvidar la existencia de estos diferentes niveles.

A partir de los criterios expuestos puede ofrecerse una definición de lo que denominaríamos método particular de la ciencia o, más exactamente, métodos particulares, los cuales serían: *formas específicas de manifestación de determinados aspectos o elementos del método dialéctico en una esfera limitada, particular de la realidad.*

Decíamos que el método dialéctico es un sistema de principios lógicos, métodos y categorías sintetizados en el nivel lógico filosófico; pero en las diferentes ciencias, las formas específicas en que todos estos aspectos o eslabones del sistema dialéctico se manifiestan, pueden ser las más variadas y estar determinadas por las características del objeto que son sometidas a estudio, o por aquellos elementos del proceso cognoscitivo que se ponen en juego para realizar este conocimiento, o lo que es más frecuente, por estos dos grupos de factores, simultáneamente.

Para todos es bien conocido que hay principios fundamentales de la metodología de la lógica dialéctica que, al desarrollarse y concretarse en las ciencias particulares, se han constituido, históricamente, en métodos de la ciencia y de la investigación científica. Su simple enumeración descubre claramente el lugar que ocupan dentro del sistema de la dialéctica y de las ciencias particulares.

Por ejemplo, las categorías de forma y contenido se vinculan con los métodos cuantitativos y cualitativos, los conceptos

de histórico y lógico son los métodos históricos o lógicos, etcétera. Naturalmente que no todas las categorías de la dialéctica han dado origen a métodos particulares, ni tampoco sería lícito afirmar que estas categorías son, en sí, métodos de conocimiento o actividad práctica.

Otras categorías aparecen vinculadas a métodos que no coinciden con éstas en su denominación y, a su vez, diferentes sectores de categorías constituyen la base real de un mismo método. Por ejemplo, las categorías del todo y la parte, lo simple y lo complejo, fenómeno y esencia, lo concreto y lo abstracto, necesidad y casualidad se pueden vincular con el método de análisis y síntesis, método que posiblemente por la riqueza de su contenido conceptual constituye uno de los elementos más importantes del método dialéctico.

Por otra parte, el principio básico de la lógica dialéctica, el principio de la unidad de lo individual, lo particular y lo general, es la base de los métodos inductivos y deductivos, o su unidad, el método inductivo-deductivo.

El método dialéctico sintetiza todos estos elementos y a la vez establece la relación de los diferentes métodos en el proceso del conocimiento científico.

Los métodos particulares no pueden cumplir esta función ni con respecto a sí mismos ni con respecto a los otros métodos.

La diversidad de métodos particulares de investigación exige, naturalmente, su clasificación en núcleos más generales. Clasificación que ha de tener presente las etapas fundamentales y las leyes del desarrollo del conocimiento. Desde este punto de vista nos parece acertada la clasificación que establece para la ciencia contemporánea tres grandes grupos:

1. Métodos particulares.
2. Métodos científicos generales.
3. Método filosófico.

Dentro de los marcos de estos tres niveles, es posible una clasificación más especial que en cada uno de estos niveles se manifiesta con rasgos y características propios. Nos referimos a los métodos tradicionales presentes en todas las etapas históricas del conocimiento, es decir, a los métodos formales y de contenido, lógicos e históricos, inductivos y deductivos.

En efecto, los métodos de contenido son aquellos que se basan en el estudio de los propios hechos, así como de los fenómenos reales y sus leyes específicas. Los métodos formales estudian, no los hechos en sí, sino los conceptos abstractos, para establecer, como resultado de este estudio, nuevos conocimientos y leyes. Pero, como sabemos, no se puede hablar de un conocimiento profundo de un fenómeno real hasta el momento en que éste no ha sido reconstruido en su integridad en el pensamiento, es decir, en la teoría, reconstrucción que exige la unidad dialéctica de estos dos métodos.

Algo similar ocurre con los métodos histórico y lógico. En el primero, se descubren y acentúan las particularidades del desarrollo histórico del objeto, y, en el segundo, se estudian no las condiciones que determinaron el surgimiento, sino las condiciones de existencia actual de dicho objeto. Y en la reconstrucción teórica del objeto, estos dos elementos se deben tomar en su unidad dialéctica, lo que fue demostrado genialmente por Marx en *El capital.*

Vasiulin, en su interesante libro titulado *La lógica de "El capital"*, destaca con infinidad de ejemplos cómo Marx lleva a cabo en su investigación esta síntesis de los métodos histórico y lógico. Así, refiriéndose a la sección "Producción de la plusvalía absoluta", escribe:

> De esta manera, ya en el examen de los dos primeros momentos de la estructura interna del objeto, nos muestra que los momentos de esta estructura interna no existen antes del objeto y que el orden de su examen lógico, en su totalidad, coincide con el orden consecutivo del desarrollo histórico de las partes del objeto.
>
> Pero en el examen lógico, cada momento de la estructura interna se toma en su forma más desarrollada, en la etapa en que simultáneamente se encuentra en una unidad interna con otros momentos de la estructura interna del objeto. El examen lógico, si es consecuente, por una parte produce la consecutividad histórica, por la otra, coloca en fila, uno detrás de otro, los elementos que existen, simultáneamente, en la unidad interna.[117]

La clasificación de los métodos implica otras posibles operaciones a realizar con ellos: *la sistematización* y *la subordinación*, para lo cual se pueden establecer diferentes principios,

dependientes o basados en el carácter de la investigación en que dichos métodos se emplean, o en criterios abstractos filosóficos, si se trata de una sistematización general formal.

La subordinación de los métodos es, precisamente, un problema que debe ser examinado con cierto detalle, pues de hecho, sólo en la esfera de la subordinación es posible establecer un criterio de diferenciación entre los conceptos de metodología, método y procedimiento.

Los distintos métodos cumplen también funciones distintas en el proceso de investigación, en el desarrollo del conocimiento de las formas más simples a las más complejas. Esta diversidad de funciones permite, en un determinado plano, plantear el problema de la subordinación, vinculando los métodos a las diferentes etapas del proceso cognoscitivo. Una de las variantes sería, por ejemplo, la que se inicia con la captación de lo concreto, para pasar a la elaboración de abstracciones, regresando luego a lo concreto en su integridad teórica; como sabemos, existen otros caminos.

En esta ordenación tendríamos que métodos como el análisis, la inducción, la analogía y otros, están vinculados a esta primera etapa; mientras que la deducción, la hipótesis, la síntesis están ligados a la segunda, pero no en forma absoluta, sino como tendencia, como métodos que tienen cierta función primordial en cada una de estas etapas pero que no pueden "trabajar" en todas.

No obstante, el problema no es tan simple como pudiera parecer, pues es necesario tener presente que el contenido de los métodos cambia en los diferentes niveles del proceso cognoscitivo.

Estas diferentes funciones y diversidad de contenido son las que permiten establecer, sin un criterio formal rígido, si se trata de un *método*, o sea, una forma de conocimiento que permite el estudio de las características esenciales del objeto, o bien de un *procedimiento*, una forma de conocimiento que tiene presente una o varias características no esenciales, no en forma absoluta, sino en un proceso investigativo determinado en este objeto.

Por esta razón, en ciertos casos no sería erróneo que a un método se le diese la denominación de procedimiento, al ser aplicado a un nivel superior.

Todas estas cuestiones se deben tener presentes en el análisis del fenómeno que hemos denominado nivel científico general del conocimiento.

A pesar de que la fundamentación teórica de las ideas sistémicas es un proceso que se realiza en los marcos de la ciencia de nuestros días, y los intentos de lograr una síntesis del pensamiento sistémico pertenecen a nuestro siglo, es necesario señalar que, ya en los marcos de las concepciones positivistas de mediados del siglo XIX, se plantearon en el nivel teórico-metodológico importantes problemas que, sin duda, pueden trascender el trabajo que hoy se realiza en la sistematización y generalización de las ideas sistémicas.

La importancia de este problema radica en el hecho de que los planteamientos de signo positivista conservan aún su vigencia e influyen en mayor o menor grado en los autores no marxistas de "teorías sistémicas".

Como ejemplo que muestra los lineamientos positivistas elaborados en el siglo pasado, pudiera citarse el libro de A. Cournot *Tratado del encadenamiento de las ideas fundamentales de la ciencia en la historia* (1861). Es cierto que Cournot no introduce aún el concepto de sistema, aunque sí la vaga idea de una posible disciplina que sintetice lo sistémico en la realidad y que Cournot concibe todavía como filosofía, pero que sería distinta a la filosofía tradicional, considerándola una "filosofía restringida". "Si se suprimiera de nuestro espíritu toda noción acerca de la materia y de los fenómenos de la vida, toda idea de causa o sustancia, siempre que se conservaran las ideas de combinación, orden, grupos y clases, podríamos reedificar, al mismo tiempo que las matemáticas puras, una teoría del silogismo idéntica a la de Aristóteles."

Como podemos ver, estas ideas son afines a los planteamientos del enfoque sistémico tal como lo han venido presentando algunos investigadores burgueses en la segunda mitad del siglo XX.

En el primer apartado del presente capítulo hemos destacado algunos aspectos importantes del enfoque sistémico en la esfera del pensamiento filosófico por el hecho, bien conocido, de que los promotores no marxistas de las ideas sistémicas, aunque mencionen entre sus precursores teóricos a cierto grupo de pensadores filosóficos, han pasado por alto algunos de los más valiosos aspectos de las teorías filosóficas anteriores.

Naturalmente, los científicos que hoy trabajan en la búsqueda de una *teoría general de los sistemas* persiguen, afanosamente, no sólo una fundamentación coherente de los principios básicos de estas teorías y sus conceptos fundamentales sino que recurren a la historia de la ciencia y la filosofía en

busca de argumentos y precedentes que reafirmen el camino por ellos elegido.

Como ejemplo de aquellos científicos contemporáneos que recurren a esta fundamentación histórica, queremos referirnos a dos figuras claves de las teorías sistémicas de nuestros días: Anatol Rapoport, conocido psicólogo, y L. V. Bertalanffy, reputado biólogo, quienes trabajaron en universidades norteamericanas.

Anatol Rapoport intenta ofrecer una pauta en cuanto a la formación de la historia de la teoría sistémica en su artículo "Teoría general de los sistemas", al decir:

> La teoría general de los sistemas se describe mejor, no como una teoría en el sentido que la ciencia da a esta palabra, sino más bien como un programa o una dirección en el campo de la filosofía contemporánea de la ciencia. La perspectiva que esta dirección ofrece, deriva de varias fuentes, y sus partidarios ponen énfasis en diferentes aspectos del programa. Sin embargo, todas las variantes e interpretaciones tienen un propósito común: integrar las diversas áreas de conocimiento mediante una metodología unificada de conceptuación o investigación.[118]

Éste es el camino que, según este autor, se debe seguir al elaborar una historia del enfoque sistémico y de la teoría general de los sistemas. Según el perfil científico de cada teórico y el enfoque que éste dé a la teoría de los sistemas, hallará o intentará derivar de la historia de su propia ciencia la historia de la teoría de los sistemas, y verá una conexión más íntima entre ésta y los conceptos de la ciencia que le sirva de punto de partida. Bertalanffy, quien introduce, después de la Segunda Guerra Mundial, el término "teoría general de sistemas", distingue tres tipos de descripción de los fenómenos sistémicos, que expresan diversos aspectos del sistema: 1) la analogía, que consiste en tomar unilateralmente los parecidos o semejanzas externas; 2) la homología lógica o descripción basada en el isomorfismo de las leyes de los procesos sistémicos —esto quiere decir que en los sistemas constituidos por distintos elementos existen concordancias estructurales y procesos que pueden ser descritos de manera formal mediante las mismas leyes—; 3) la explicación concreta o establecimiento de las condiciones específicas legales en el proceso de cam-

bio. Con todo ello se pretende construir un cuadro universal del mundo como un conjunto de sistemas y procesos estructurales semejantes.

Este enfoque de la teoría, realizado por L. von Bertalanffy, parte de la integración de diversas ciencias dentro de la biología; entre ellas, y fundamentalmente, la física y la química, a las cuales se intenta reducir la complejidad de los fenómenos biológicos. De ahí que en aquella ciencia en la cual, necesariamente, por la complejidad de su objeto de investigación, tengan que integrarse conceptos y métodos de otras ciencias, es donde existe la posibilidad de discernir y de sintetizar los conceptos de éstas en una teoría más general. Esta tendencia, como tendencia "reduccionista", la podemos ver ejemplificada en el siglo XVIII, donde, debido al auge de la mecánica, se reducían a ésta los fenómenos vitales y se creía que, en principio, todo podía ser llevado al lenguaje de la mecánica. La vida espiritual humana, según esta tendencia, podía ser explicada a través de componentes elementales, y el proceso de la conciencia podría traducirse a pasos fisiológicos concebidos mecánicamente como la unión, o suma más bien, de componentes simples.

Condillac, en su *Tratado de sistemas* (1749), definió el sistema como "la disposición de las diferentes partes de un arte o una ciencia en un orden en que todas las partes se sostienen mutuamente y en que las últimas se explican por las primeras". Se refería Condillac a los sistemas filosóficos como sistemas que deben corresponderse con la realidad, criticando a aquellos sistemas que no se basan en principios observables y con un lenguaje no bien construido.

Este requisito, este llamado a la construcción de un lenguaje adecuado, es común hoy a los que propugnan la teoría general de los sistemas.

En cuanto a mencionar autores en lo que pudiéramos llamar, no ya prehistoria de la teoría de sistèmas, sino antecedentes de la misma, Rapoport se limita a remontarse sólo a los siglos XVIII y XIX y más bien a mencionar corrientes y descubrimientos. Como ciencias en las cuales, o desde las cuales, se pasa a formulaciones de carácter sistémico, menciona fundamentalmente a la biología y a la matemática, y la existencia de un enfoque matemático de la teoría y de los sistemas. Paralelamente a estos enfoques, contribuyen al desarrollo de las ideas sistémicas, según él, la integración del conocimiento dado en

el campo de la biología y la psicología; Malthus, Darwin, Spencer y Marx tienen en común el énfasis que ponen en los aspectos deterministas de los fenómenos sociales. Según palabras de Rapoport:

> Hemos atribuido el actual interés en la teoría general de los sistemas a dos clases de investigadores: los biólogos y los matemáticos. Los primeros han sentido de antiguo la necesidad de estudiar algunos rasgos del criterio organístico que pueden contribuir al urgente problema de la investigación del conocimiento. Los segundos han aportado el rigor del análisis formal a la formulación de una teoría de los sistemas y estructuras y elementos, sin plantear un límite de validez a ellos.[119]

A la dificultad ya planteada de la determinación de los conceptos claves del enfoque sistémico y de los científicos, que son citados como precursores de la teoría de los sistemas, se añade el hecho mismo de que no se ha logrado aún formular esta teoría general de los sistemas, lo cual permite que cada teórico de sistemas pueda aun exagerar el aporte efectuado en el enfoque sistémico por la ciencia o disciplina en la cual él personalmente trabaja. Si tomamos como base la consideración de Rapoport para hacer una historia de la teoría de sistemas, tendríamos que tener en cuenta, fundamentalmente, la biología y la matemática y, por otro lado, también el enfoque de los sistemás cibernéticos. El aporte de la física aparece minimizado y Rapoport se limita a señalar a la mecánica y a la termodinámica, pero no señala las teorías más recientes, tales como la de la relatividad y las de la mecánica cuántica y ondulatoria. Para Rapoport,

> la homología matemática es el fundamento más natural de una teoría general de sistemas. Porque una especificación exacta de las relaciones es virtualmente sinónima de la especificación matemática. El sistema se especifica como un modelo matemático particular y enseguida se ve que es isomorfo de todos los sistemas especificados, en términos de modelos del mismo tipo.[120]

De acuerdo con L. von Bertalanffy, el enfoque sistémico tiene una larga historia y no es, como han pretendido algunos historiadores de la ciencia, un engendro de la moda. Este enfoque constituye algo así como una constante del pensamiento filosófico europeo, desde la antigüedad hasta nuestros días.

He aquí algunas citas de este autor que ilustran su posición sobre esta cuestión:

"La filosofía y su criatura —la ciencia— nacieron cuando los antiguos griegos aprendieron a encontrar y buscar en el mundo, empíricamente captado, el orden o el cosmos..."[121]

"El postulado aristotélico de que 'el todo es mayor que la suma de sus partes', hasta el momento sigue siendo la expresión del problema sistémico fundamental."[122] Es por ello que, según Bertalanffy: "Un examen más detallado nos mostraría una larga lista de pensadores, cada uno de los cuales hizo un aporte al desarrollo de las ideas teóricas que hoy día conocemos bajo el nombre de teoría general de los sistemas."[123] Sólo como ejemplo, el mismo Bertalanffy menciona a Dionisio Areopagita, a Nicolás de Cusa, a Leibniz. Sin duda merece especial atención el juicio de este autor sobre el aporte de Hegel y Marx a esta cuestión.

"En Hegel y Marx —afirma— se destaca especialmente el carácter dialéctico de la estructura del pensamiento y del mundo que lo engendra; es exclusivamente profunda en ellos la afirmación de que el reflejo adecuado de la realidad lo ofrece no un juicio aislado, sino sólo la unidad de los dos lados de la contradicción lograda en el proceso dialéctico: tesis-antítesis-síntesis..."[124]

Según Bertalanffy el estudio histórico de estas cuestiones muestra que:

> Los problemas con los que los científicos de nuestros días tropiezan debido al concepto de "sistema", surgieron no "de repente" y no son el resultado exclusivo del desarrollo contemporáneo de las matemáticas, las ciencias naturales y la técnica, sino que sólo son la expresión actual de problemas que durante siglos han estado planteados a los científicos y han sido tratados cada vez en su correspondiente lenguaje.[125]

Merece también una consideración especial la afirmación de Bertalanffy de que durante cierto tiempo la ciencia no estuvo en condiciones de trabajar o tratar en forma adecuada los problemas de la totalidad y de los sistemas. Esta observación, que se refiere a la etapa analítica en el desarrollo de la ciencia, es justa; y la mención, por ejemplo, de la obra y los nombres de Descartes y Galileo, determinó el hecho de que el enfoque sistémico no prosperase en esta etapa del desarrollo de la ciencia

y que los adelantos en esta esfera fuesen tan limitados. Entre éstos, Bertalanffy cita el principio cartesiano de la "máquina-animal" *(animal-machine)* o el "hombre-máquina" *(homme-machine)* y la teoría de Darwin de la selección natural, lo que, en opinión de Bertalanffy, lleva necesariamente a un círculo vicioso.

Sólo a principios del presente siglo, según este autor, ante la imposibilidad de explicar los fenómenos complejos que tienen lugar en los organismos, partiendo de los conceptos logrados en el estudio de las partes, se hace evidente la necesidad de un nuevo método y un nuevo sistema de conceptos que reflejen las particularidades y el desarrollo del todo. Así surge, inicialmente, el problema de la "organización" y la pregunta: ¿es posible, a partir de la concepción de mutaciones casuales y la selección natural, dar una respuesta al fenómeno de la evolución y la organización de lo vivo?

La fundamentación de la teoría general de los sistemas se inicia, según Bertalanffy, a fines de 1920. Y las primeras definiciones al respecto las ofrece él en su libro *Modern Theories of Development* (Oxford, 1936). En dicho libro se decía que las formas tradicionales de investigar las partes y los procesos no nos pueden ofrecer una descripción completa y adecuada de los fenómenos vivos, pues no contienen información sobre la coordinación de estas partes. De aquí que la tarea fundamental de la biología ha de consistir en el descubrimiento de las leyes que rigen los *sistemas biológicos* y que tal enfoque debe denominarse o *biología orgánica* o *teoría sistémica del organismo.*

La idea de la necesidad de elaborar una teoría general de los sistemas, según Bertalanffy, le pertenece por tanto a él: "Yo la propuse por primera vez en 1937, en el Seminario de Filosofía bajo la dirección de Ch. Morris, que tenía lugar en la Universidad de Chicago", nos afirma en un trabajo publicado en el libro *Investigaciones sobre la teoría general de los sistemas* (Moscú, 1969). Esta afirmación, no obstante, se debe examinar con muchas reservas, pues el estudio del problema demuestra que si nos referimos a la esencia de la cuestión, y no a ciertas definiciones formales, esto no corresponde a la realidad; por mucho que en otros trabajos Bertalanffy siga reclamando para sí esta prioridad. Así, en el artículo "La historia y el *status* de la teoría general de los sistemas" dice: "Los postulados de la teoría general de los sistemas fueron formulados

por primera vez por nosotros, de palabra, en los años 30, y después de la guerra expuestos en diferentes publicaciones."[126] La primera de éstas (V. D'Ancona: *Der Kampf um Dasein. Abhandlungen zur exakten Biologie,* ed. by L. von Bertalanffy, 1939) la cita el propio Bertalanffy como la obra que contiene la definición más completa de esta nueva teoría. En este libro se dice lo siguiente:

> Existen modelos, principios y leyes que son aplicables a sistemas generalizados o a subclases de sistemas, independientemente de su tipo concreto, de la naturaleza de los elementos que la componen y de las relaciones o "fuerzas" que existen entre ellos. Nosotros proponemos una disciplina nueva que se denomina teoría general de los sistemas. La teoría general de los sistemas es una esfera lógico-matemática de la investigación; esta teoría consiste en la formulación y la inferencia de los principios generales que se aplican a "los sistemas" en general. La formulación exacta realizada en los marcos de esta teoría de conceptos tales como integridad y suma, diferenciación, mecanización progresiva, centralización, organización jerárquica, finalidad, etcétera, permitirá hacer que estos conceptos sean aplicables a todas las disciplinas que tienen que ver con sistemas y establecer su homología lógica.

Pudiera parecer que someter a duda estas afirmaciones es una tarea no sólo ingrata, sino escolástica y formalística, que al hacerlo nos proponemos aminorar el papel desempeñado por L. von Bertalanffy en el desarrollo del método sistémico y en la elaboración de una teoría general de los sistemas. Sin embargo, el problema es más complejo. Bertalanffy, en efecto, propuso el término *teoría general de los sistemas* y, además, intentó definir los rasgos más generales de esta teoría y sus conceptos básicos. Pero el caso es que este mismo problema se había venido planteando antes, y, simultáneamente, por otros científicos, a veces en términos coincidentes, a veces no, pero en esencia trabajando sobre un mismo material, o, como bien dijera el propio Bertalanffy, "sobre una realidad lógicamente homóloga".

Pero hay aún otra dificultad, la cual consiste en que después de los trabajos de Bertalanffy, la solución del problema aun no ha logrado la universalidad pretendida, aún no se puede

hablar de una teoría general de los sistemas. Y el enfoque sistémico es un método aplicado a los diferentes sistemas, no a partir de ésta *teoría general*, sino según una serie de principios aún no incorporados a tal teoría y más bien deducidos de estudios particulares de una realidad sistémica, con un grado de universalidad limitado.

Esto significa que, independientemente de las consideraciones históricas, consideraciones de prioridad, no se puede decir que fue L. von Bertalanffy quien formuló la teoría general de los sistemas, pues inmediatamente surgirá la pregunta: ¿cuál? Es interesante señalar que, cuando en 1971, con motivo del aniversario del nacimiento de Bertalanffy, algunos científicos intentaron resumir lo logrado en el proceso de elaboración de la teoría general de los sistemas anunciada por éste en el año 1930, y encontrar algo así como común denominador de lo logrado hasta el momento, los resultados fueron decepcionantes, no sólo por la generalidad de las conclusiones, sino por el hecho de que los logros del "enfoque sistémico" en la definición de su propia teoría resultaron más bien una enumeración de problemas abordados y tratados por la filosofía en general o por la *teoría de la ciencia*, otra disciplina en desarrollo incipiente en este período en particular.

Estos principios generales o pilares de la teoría de los sistemas son descritos por E. Laszlo así:

1. Se ha logrado establecer la integridad como un principio metodológico básico.

2. Se ha establecido que la integración del saber es un ideal que tiene posibilidades reales de lograrse.

3. La unidad de la naturaleza se ha convertido en un verdadero credo filosófico.

4. El humanismo es la tarea básica de la ciencia y se basa en el lugar del hombre en el sistema global de la naturaleza.

Al analizar las ideas de Laszlo, I. Blauberg, en el *Anuario de investigaciones sistémicas*, expresa que si es posible aceptar que en una u otra forma todos estos principios los comparten los participantes del movimiento sistémico, sin embargo, son demasiado generales para constituir una teoría concreta o el fundamento de ésta,

> además, se puede afirmar que la mayoría de estos principios, o más exactamente, los tres últimos, no son *espe-*

cíficos para la investigación sistémica, en el verdadero sentido de la palabra. La idea de integración del saber científico tiene una larga historia: Leibniz, Spencer y otros. Pero aun en la ciencia contemporánea el enfoque sistémico no es, ni con mucho, la única dirección que proclama la integración del saber y colabora realmente a ello; será suficiente a este respecto recordar la matemática y la cibernética. En lo que se refiere a los isomorfismos, que efectivamente cumplen una función integrativa esencial, a pesar de todo su valor heurístico, no pueden considerarse como un medio suficientemente efectivo de la investigación sistémica.[127]

Las mismas dudas, según Blauberg, presentan los otros dos principios que le hacen recordar la frase de Engels en el *Anti-Dühring*, que señala que la verdadera unidad del mundo radica en su materialidad, lo que se demuestra en el largo y difícil camino de desarrollo de las ciencias naturales y la filosofía.

A su vez, el principio de integridad que efectivamente es imprescindible o fundamental para el enfoque sistémico y debe ser piedra angular de toda teoría general de sistemas, es un principio que no sólo lo formula Aristóteles, como señala el propio Bertalanffy, sino que su reincorporación a la ciencia contemporánea no se debe específicamente a los promotores del enfoque sistémico. También se debe rechazar la afirmación de que tal enfoque fue introducido en la biología contemporánea por Bertalanffy. Por ello, nosotros estamos de acuerdo con Blauberg y Sadovski cuando afirman que la teoría general de los sistemas, a diferencia como la interpreta Bertalanffy en sus últimos trabajos, que pretende que ha logrado ya un amplio grado de universalidad, "no es tanto una teoría en el sentido riguroso de la palabra, sino más bien la unión de varias disciplinas que en su conjunto llevan a cabo las funciones metodológicas del enfoque sistémico".[128]

En la actualidad, las múltiples investigaciones realizadas en distintos países no ofrecen un amplio panorama de la forma en que en la ciencia contemporánea se fueron elaborando los criterios sistémicos y fue tomando vigor el enfoque sistémico, no como una actitud espontánea, sino como un principio metodológico. También hemos visto cómo en las diferentes ciencias este enfoque logró definir algunos de los conceptos básicos que hoy se manejan, al tratar de elaborar una teoría

general de los sistemas o, por lo menos, lograr una unidad metodológica en la aplicación del enfoque sistémico.

Lo que "sorprende" al analizar los resultados de estas investigaciones no es la coincidencia en el modo de pensar de uno u otro científico, sino el carácter masivo de esta coincidencia y la unanimidad en la determinación del conjunto de conceptos y sus definiciones, lo que a veces ha hecho pensar si no se trata de una cadena de plagios. Consideramos que no es así, que la coincidencia se debe a las peculiaridades objetivas del desarrollo de la ciencia desde los primeros decenios del siglo XX y, en primer término, de las características que en este período definen a la *etapa de síntesis* del saber científico. Entre éstas, la búsqueda de una unidad estructural única de los diferentes sistemas dentro de una misma disciplina, así como entre fenómenos o sistemas distantes —por el tipo de realidad a que pertenecen—, ya no se basa en intuiciones geniales o en descubrimientos casuales, sino que se ha convertido en un *estilo de pensamiento.*

Naturalmente, la idea de la unidad estructural del mundo, el criterio de que ante la diversidad fenoménica son específicamente fructíferas las concepciones que buscan el homomorfismo y el isomorfismo en esta realidad tan diferente, como uno de los caminos que llevan a una unidad del saber humano fraccionado en las disciplinas científicas clásicas, aún no se ha abierto camino en la mayoría de los científicos. Esto se explica, en primer término, por las limitaciones "profesionales", por la obsesión de salvar a toda costa "los intereses" de cada disciplina ante la imposición de criterios y métodos que se consideran ajenos, y, en segundo término, y derivado de esto, por cierta miopía metodológica consistente en considerar *todo* método o principio metodológico surgido en otra esfera del saber como un simple principio particular valedero sólo para el tipo de realidad que lo origina, o como un principio inoperante, precisamente por su carácter abstracto, si se formula en general, y más aún si se le pretende denominar *teoría general*... Esta actitud tiene en cierto sentido su justificación, al ser considerada como una forma de autodefensa de las ciencias particulares; *primero,* ante las imposiciones de la vieja filosofía —premarxista— y, *segundo,* ante la imposición reduccionista que pretendía universalizar ilegítimamente ciertos métodos particulares de una u otra ciencia.

Esta actitud defensiva se convierte no sólo en una barrera ante tales imposiciones, sino también en un velo que no per-

mite ver el surgimiento de métodos verdaderamente *generales* que reflejen propiedades comunes para una realidad más amplia que la que caracteriza el objeto de las diferentes ciencias particulares, es decir, está determinada por la ausencia de criterios rigurosos, por lo menos objetivos, para distinguir la relación existente entre lo individual, lo particular y lo general. Criterios que con el desarrollo de la filosofía marxista se van convirtiendo cada día; con mayor amplitud, en una conquista reconocida en la ciencia contemporánea, pero que aún no quieren aceptar muchos científicos.

La prehistoria científico-natural del enfoque sistémico, de la búsqueda en los marcos de las ciencias particulares de ciertos principios generales, como expresión de fenómenos comunes a todo tipo específico de ésta, se puede iniciar por el análisis de la obra de una serie de investigadores que de una u otra forma fueron encontrando estos principios, los fueron ordenando y sistematizando, para crear las premisas de un nuevo método como forma de abordar estos fenómenos y, en algunos casos, hasta llegaron a definir algunas teorías similares a las que hoy conocemos como pretendidas teorías generales de los sistemas. La vinculación entre las ideas de estos autores no es de carácter genético —por lo menos esto no se ha podido demostrar—, pero la coincidencia es a veces tal, que esta idea viene involuntariamente a la cabeza del que estudia estos problemas. En algunos casos esta vinculación tiene un carácter indirecto y esta mediatización se puede establecer con cierta exactitud para explicar el origen de coincidencias en los enfoques y en las definiciones.

Él propio Bertalanffy, en su trabajo "La teoría general de los sistemas: panorama de los problemas y resultados", publicado en el *Anuario de investigaciones sistémicas* de 1969, tiene un apartado que titula "Historia de la teoría de los sistemas", en el cual ofrece una serie de nombres de filósofos y científicos que, según él, "se pueden considerar como precursores directos de la teoría general de los sistemas". Entre los últimos, Bertalanffy destaca dos nombres: W. Köhler, que en 1927, en su libro *Zum Problem der Regulation*, (Los problemas de la regulación) planteó la tesis de la necesidad de una teoría de los sistemas que estableciera una diferenciación entre los sistemas orgánicos e inorgánicos, idea que había formulado ya en un trabajo anterior publicado en 1924; y A. J. Lotka, autor del libro *Elementos de biología física* (Nueva York, 1925), el que, según Bertalanffy, estuvo más cerca que nadie de la defi-

nición correcta del problema de la universalidad de los sistemas, y al cual se le deben las formulaciones básicas de estos problemas.

> Él, en efecto —escribe Bertalanffy—, examinó el concepto general de sistema (sin limitarlo como Köhler a los sistemas físicos). Pero Lotka se dedicaba a la estadística y le interesaron más los problemas de la población que los problemas biológicos de cada organismo. Esto puede explicar ciertas inconsecuencias en la concepción de Lotka, por ejemplo, él consideraba que las sociedades eran sistemas mientras que el organismo aislado era sólo una suma de células.[129]

Según nuestra opinión, Bertalanffy no fue muy generoso con sus predecesores y creemos que con un poco más de buena voluntad hubiera podido por lo menos triplicar la lista. En ella faltan nombres que Bertalanffy no debería haber ignorado por su papel en la ciencia de principios de siglo. Por ejemplo, el químico norteamericano W. D. Bancroft, quien ya en el año 1911 planteó, en un importante artículo titulado "A Universal Law", que el principio formulado por Le Chatelier en la química física era un principio universal que, con diferentes nombres, se había formulado y existía en otras ciencias como en la física, la biología, la economía política, etcétera.

Según Bancroft, en su forma más general, este principio se debe definir así: *todo sistema tiende a modificarse de tal modo que esté en condiciones de reducir al mínimo las interferencias externas.*

Esta misma idea la había expresado en 1906 el famoso cristalógrafo ruso E. S. Feodorov, en un artículo publicado en una de las revistas biológicas de San Petersburgo titulado "El perfeccionismo". En él se afirmaba que dicho principio expresaba el mecanismo generador de reacciones ante la influencia externa, que se manifiesta no sólo en la química-física, sino en *todas* las esferas de la realidad, incluidos los fenómenos biológicos, psicológicos y sociales.

Pero "el perfeccionismo" va más allá de la mera constatación de la universalidad del principio de Le Chatelier, al pretender ser una teoría sobre las leyes más generales del perfeccionamiento de la naturaleza. Feodorov no llegó a emplear el concepto de sistema, pero su enfoque de los fenómenos tiene mucho de similar con lo que hoy se denomina enfoque sis-

témico. Sin duda, fue un paso importante en esta dirección la elaboración del concepto de "colectividad organizada" que se transforma según la ley de la evolución aplicada a los objetos biológicos; el de "colectividad compleja" en los fenómenos físicos que no pueden ser estudiados en forma individual, sino por métodos probabilísticos. Esto lo subraya Blauberg en uno de sus artículos al decir: "Es interesante comparar estas ideas de E. S. Feodorov con el planteamiento de W. Weaber, frecuentemente citado en la literatura sistémica, quien señaló que la ciencia clásica trató sólo con la simpleza organizada —que se estudia por medios estadísticos—, mientras que el objeto de la ciencia contemporánea es la complejidad organizada."[130] A pesar de que "El perfeccionismo" fue un trabajo juvenil de Feodorov, la fama de este autor no se debe a este libro, sino a sus trabajos de cristalografía. No es menos cierto que en el plano *metodológico* los planteamientos de dicho trabajo y su espíritu moderno contribuyeron a los éxitos logrados por este científico en la *cristalografía,* la que, como señalábamos en otra ocasión, se debe considerar como una etapa básica en el desarrollo del *método estructural,* en la definición científica del concepto de *estructura.* El hecho de que Bertalanffy, a la hora de formular una teoría general de los sistemas, pasase por alto los resultados logrados en la *cristalografía* y los métodos seguidos en esta ciencia, parece una omisión injustificable, lo mismo que no se puede explicar la omisión de la mención del significado del principio de Le Chatelier en el proceso de génesis del concepto *sistema.* Entre los nombres olvidados pudiera también mencionarse el del bioquímico norteamericano E. J. Witzaman, que en los años 1933-1934 publicó en la revista *American Naturalist* una serie de cuatro artículos bajo el título general de "La mutación y la adaptación como partes integrantes del principio universal". En ellos afirma que, partiendo del principio de Le Chatelier —que él denomina *principio* de adaptación— y de los principios del ritmo y la periodicidad, es posible, en el plano metodológico, rebasar los marcos estrechos de las ciencias particulares y lograr una nueva síntesis del saber.

Indudablemente hay omisiones que se pueden explicar con mayor facilidad y son naturales, si se tiene presente el lugar, el idioma y el tiempo. Así se puede interpretar el hecho de que no sólo Bertalanffy, sino científicos e historiadores de la ciencia ignorasen las ideas expuestas por el matemático y lógico soviético G. H. Gruzinzev en su libro *Ensayos sobre la teoría*

de la ciencia, publicado en Dniepopetrovsk, en el año 1928. Este libro estaba basado en un amplio informe presentado por el autor en una conferencia de organizaciones de investigación científica bajo el lema "La teoría de la ciencia". De los planteamientos de este autor se han acordado sólo recientemente al revisar las bibliografías en una búsqueda retrospectiva de precursores del enfoque sistémico actual. No tenemos a nuestra disposición el mencionado libro, pero sí algunas de las citas de él, recogidas en el artículo de Blauberg, que son suficientes para darnos una idea del camino recorrido por Gruzinzev en la formulación de los principios básicos de una teoría general de los sistemas. (Este científico murió en 1929, a la edad de 43 años.)

Según Gruzinzev, el desarrollo de la ciencia se caracteriza por cambios radicales acontecidos en todas las esferas del saber: desde la teoría de la herencia y los fundamentos de la geometría, hasta la teoría marxista del valor y la lingüística, estos cambios se materializan en tres momentos básicos: 1) punto de vista sistémico; 2) relativismo; 3) exactitud o una tendencia hacia la materialización de ésta.

El eje metodológico de la concepción de Gruzinzev es el concepto de sistema, que él describe así: "Todo sistema está constituido por elementos vinculados por determinadas relaciones, las que en su conjunto constituyen la síntesis que forma el fundamento de dicho sistema."[131] Añadiendo a continuación que, según su criterio:

> Para el punto de vista sistémico es característico el movimiento que va del sistema a los elementos, debido a que este punto de vista excluye la idea de que las propiedades de los elementos condicionan íntegramente las propiedades del sistema. El estudio de cualquier objeto complejo o simple está indisolublemente vinculado al estudio del sistema al cual pertenece.[132]

Es evidente que este criterio es hoy uno de los factores más frecuentes del naciente método sistémico.

En lo que se refiere a los otros dos momentos, que según Gruzinzev son característicos del saber científico, es evidente que también encajan plenamente dentro de lo que hoy denominamos enfoque sistémico. Así, el *relativismo,* según este autor, tiene esencialmente un contenido lógico; significa simplemente que en la ciencia contemporánea el "centro de gravedad"

ha de pasar del estudio de las propiedades al estudio de las relaciones, mientras que el de *exactitud* presupone, primero, el descubrimiento y la difinición del *sistema mínimo*, cuyo estudio es necesario para conocer un objeto determinado, y segundo, la necesidad de operar *sólo* en los marcos de este sistema.[133]

Estas palabras son en sí elocuentes; a ellas quizá se deba añadir que, al elaborar una concepción del desarrollo de la ciencia basada en el "punto de vista sistémico", este autor, ya en ese entonces, planteó la importancia metodológica de la síntesis del saber; además, la necesidad de elaborar una ciencia especial sobre el método científico, no como una nueva filosofía, sino como una rama particular de la teoría de la ciencia.

Más conocidas y divulgadas que las ideas de Gruzinzev fueron las expuestas por el conocido científico soviético A. A. Bogdanov, aunque también es necesario señalar que debido a cierta coincidencia de diversos factores, estas ideas fueron, en su época, semignoradas y rápidamente olvidadas, tanto en la Unión Soviética como fuera de sus límites. *La ciencia universal de la organización o Tectología* es el título de su obra, que, en tres tomos, se publicó entre los años 1925-1929, en ruso. (Los dos primeros tomos se publicaron también en alemán en 1926 y 1928, respectivamente.) Bogdanov muere en 1928, como resultado de un experimento científico aplicado a sí mismo; en esos momentos era director del Instituto de Transfusión de Sangre creado por él en 1926. Su muerte explica en parte el olvido en que caen sus ideas, pero sólo en parte, posiblemente la menor. A ese respecto es necesario tener presente:

1. El pasado machista de Bogdanov, su lucha, en determinada etapa de su vida, contra el materialismo dialéctico, y la crítica demoledora que Lenin emprende en *Materialismo y empiriocriticismo* contra las ideas filosóficas de Bogdanov, hechos que en la década de 1920 estaban en la mente de todos. Este nuevo trabajo fue considerado como una continuación, o mejor dicho, una proyección de las falsas posiciones filosóficas de su autor en una nueva esfera de la realidad. Sin duda que en dicho trabajo los viejos errores teóricos de Bogdanov no habían sido superados; es más, a primera vista parecían haberse acentuado los resabios positivistas y mecanicistas de antaño. Por ejemplo, la tecnología, a pesar de que Bogdanov lo negó reiteradas veces, se presentaba como alternativa al método dialéctico-materialista, lo que naturalmente eclipsaba los posibles acier-

tos parciales logrados en su obra, en cuanto al desarrollo del enfoque sistémico y la metodología sistémica.

2. La ausencia de un clima científico propicio para la generalización de los principios sistémicos y su aceptación por la mayoría de los investigadores. Este clima surge, como sabemos, sólo después de la Segunda Guerra Mundial, y es acelerado por el desarrollo de los tecno-sistemas, la cibernética y otras disciplinas que crean una nueva mentalidad científica, un nuevo estilo de pensamiento.

La *Tectología* de Bogdanov, independientemente de sus implicaciones filosóficas y de ciertas ideas inaceptables sobre la relación de la filosofía y los métodos "tectológicos", se puede considerar como un serio intento de elaboración de una teoría general sobre las estructuras y sistemas, teoría que el propio Bogdanov denominó una "ciencia natural universal".

> Mi punto de partida —escribía— consiste en el reconocimiento de que las relaciones estructurales pueden ser generalizadas a un alto grado de pureza formal de sus esquemas, análogos a las relaciones matématicas de magnitudes y, sobre esta base, las tareas de organización se pueden resolver por procedimientos semejantes a los matemáticos. Es más, las relaciones cuantitativas yo las considero como un tipo particular de relaciones estructurales. . .[134]

El concepto básico de la teoría de Bogdanov es el concepto de *forma de organización*, que se puede considerar, en rasgos generales, como sinónimo de *sistema*, o como un caso particular de sistema.

Las formas de organización se caracterizan por determinados tipos de vinculación, pues, según Bogdanov, todo fenómeno se puede representar como una cadena de actos de vinculación y desvinculación. "De aquí que el momento primario, que genera el cambio, el surgimiento, la destrucción y el desarrollo de las formas de organización, o mejor dicho, *el fundamento del mecanismo tectológico formador consiste en la unión de complejos.*"[135]

Para caracterizar este fenómeno en la tectología se emplea el término "conjunción" o, "conjunción de complejos". La conjunción es análoga a la suma aritmética o, mejor dicho, esta última es un caso particular de la conjunción.

En el trabajo que estamos analizando, se elaboran con mucho esmero los principios que caracterizan el proceso de surgimiento y funcionamiento de las *formas de organización* —en particular, los denominados mecanismos formadores y reguladores—, al mismo tiempo que una tipología de los vínculos que caracterizan estas formas.

El tipo fundamental de vínculos, según expresa Bogdanov, es el que recibe el nombre de *ingresión* —o sea, algo así como *introducción—;* la introducción son los eslabones mediatizadores que permiten la unión en cadena de los "complejos" que constituyen una "forma de organización" determinista. El concepto opuesto sería el de "desingresión" o ingresión negativa.

Otro concepto importante es el de *frontera tectológica,* el cual aparece en aquel lugar de la cadena de vinculaciones donde se presenta una desingresión completa.

El ejemplo que Bogdanov usa para ilustrar estas ideas es el de la línea del frente entre dos ejércitos en pugna. Si no hay operaciones, esta línea está bien definida. Pero si se inicia una ofensiva, con ella comienzan los procesos de conjunción y los elementos de ambas partes se mezclan en las más diversas proporciones y tipos de relaciones.

El resultado puede ser la victoria de uno de los ejércitos y con ello el surgimiento de un nuevo tipo de vinculación, plasmado en un tratado de paz y en un nuevo tipo de relaciones entre las partes en pugna.

Según Bogdanov, la desintegración o división del sistema —forma de organización— está determinado por una intromisión del medio externo, intromisión que se realiza en las líneas divisorias o de desingresión. El resultado de esta intromisión es, por regla general, la división del todo en partes que en este caso constituyen, cada una, una totalidad integrativa o un nuevo sistema de organización.

Pero, por otra parte, la ruptura de la frontera tectológica crea también las premisas de una conjunción nueva, el surgimiento de un nuevo sistema integrativo. Este estado, denominado *crisis organizativa,* tiene dos formas diferentes: la *crisis conjuntiva* (de las partes surge una nueva totalidad que Bogdanov denomina "crisis C") y la *crisis disyuntiva* (cuando del todo se diferencian las prates, es la llamada "crisis D").

De ese modo se puede resumir que los conceptos básicos empleados en la tectología de Bogdanov para definir los sistemas son: conjunción, ingresión, vínculo, desingresión, frontera, "crisis C" y "crisis D". Esto demuestra que la visión de sistema

de Bogdanov tiene un evidente carácter dinámico, o también pudiera decirse genético-formativo.

En lo que al proceso de funcionamiento y desarrollo de los sistemas se refiere, Bogdanov procuró elaborar un sistema de categorías y leyes que vinculase el funcionamiento con el cambio. Por ejemplo, según él, todo sistema tiene un mecanismo regulador que determina la conservación o la destrucción del sistema. El ejemplo más claro sería la selección; en los individuos biológicos este mecanismo busca la conservación de las formas de organización —sistemas biológicos— y la forma de transformarlos para que éstos ofrezcan una resistencia óptima a los cambios externos.

Toda forma de organización se caracteriza por cierto grado de estabilidad cuantitativa y estructural; esto, según su autor, tiene una enorme importancia y permite su expresión y mediación por procedimientos matemáticos, puede siempre expresarse en forma numérica y tratarse por medios matemáticos.

Sin dudas, no está privado de interés el análisis que hace Bogdanov de los factores y mecanismos que colaboran en el aumento o el debilitamiento de los sistemas, tanto en lo que se refiere a su estructura interna como a las relaciones de éstos con el medio externo. Aquí introduce y define conceptos como estabilidad sumaria, resistencia relativa, selección negativa. Define lo que él denomina *ley del mínimo o ley de las resistencias relativas:* "la estabilidad del todo depende de las resistencias mínimas relativas de todas las partes, en cualquier momento".[136] Señala como factor muy importante que la diferencia entre dos sistemas aparentemente idénticos puede radicar en el hecho de que sean colindantes con diferentes medios.

Al tratar estas cuestiones, Bogdanov plantea y define la necesidad de establecer una tipología de estructuras según su grado de resistencia al medio externo, considerando que en la solución de esta cuestión es de primordial importancia la ya mencionada ley de Le Chatelier que él define en su calidad de ley tectológica: así, si *un sistema de equilibrio es interferido de tal modo que esto lleva a un cambio en cualquiera de los factores que coinciden en equilibrio, en tal sistema surgen procesos orientados de tal modo que permiten contrarrestar estos cambios.*

Bogdanov elabora en su libro una verdadera teoría de los sistemas, en la que además de importantes definiciones de los componentes básicos de los sistemas, intenta establecer una teoría genética y una tipología de su funcionamiento.

Singular importancia en este análisis tiene el fenómeno que Bogdanov denomina divergencia o separación de las formas de organización. Demuestra que por muy similares que en una etapa inicial sean los sistemas en el proceso de su desarrollo, existe una tendencia hacia su diferenciación que origina una ley tectológica que dice que *en todas las esferas de la realidad, la diferenciación es regida por una misma ley.*

Pero en los sistemas, según Bogdanov, a la par de la tendencia conservadora o estabilizadora, existen las denominadas *condiciones de inestabilidad,* que son las que surgen al acentuarse en el proceso de desarrollo de los sistemas las diferencias organizativas en las partes del todo. Estas condiciones, al encontrar condiciones favorables, originan las denominadas "contradicciones sistémicas".

En una palabra, en todo sistema, según Bogdanov, se presentan dos tendencias de desarrollo: una que busca la estabilidad, originando vínculos complementarios entre las partes del todo, y otra que tiende a su disgregación al aumentar la diferenciación cualitativa de las partes de éste.

Estos dos procesos son objeto de un análisis, primero concreto en diferentes tipos de organización y, luego, teórico con el fin de llegar a conclusiones generales de tipo tectológico, nosotros pudiéramos decir sistémicas.

Otro importante problema que trata también Bogdanov es el de la *convergencia de sistemas* o movimiento de los sistemas de organización hacia la homogeneidad estructural, que no excluye la diferenciación individual.

> Pero el acercamiento —dice Bogdanov— se extiende en este caso sólo a lo más general, o sea, en principio a la forma arquitectónica, que se puede expresar en un esquema algebraico o geométrico, y el grado correspondiente de parentesco en la estructura general puede existir entre sistemas en otros aspectos bien lejanos; pero precisamente en esto está basada la propia posibilidad de generalizaciones tectológicas universales.[137]

Como características generales de toda forma de organización o sistema, Bogdanov introduce los conceptos "regulador" y "birregulador" —o regulador doble—. El primero es *externo* y contribuye al mantenimiento del funcionamiento del sistema a un mismo nivel; el segundo es un sistema de *regulación*

mutua entre dos formas de organización, por ejemplo, la regulación en la máquina de vapor entre la velocidad y la presión del vapor.

En su definición general esta importante idea de Bogdanov se formula así: *el birregulador es un sistema tal que no necesita un regulador externo y se regula a sí mismo.*

De esta manera, la idea y el concepto de la autorregulación, tan importante en las teorías contemporáneas sobre los sistemas, también fue definida y analizada con cierta precisión en la *Tectología.*

En el plano biológico, esta idea fue planteada por el propio Bogdanov en un trabajo editado en el año 1927, titulado *La lucha por la capacidad vital;* en él la autorregulación se estudia en los procesos de asimilación de los alimentos.

Al plantear el problema de la clasificación de las formas de organización, Bogdanov considera que dentro de la diversidad de éstas es posible distinguir dos fundamentales. Los sistemas *egresivos o centralizados:* el sistema planetario con el Sol como centro, un colectivo científico con el dirigente, el sistema nervioso en el hombre con el cerebro, es decir, aquellos sistemas que, como formas de organización, tienen un foco central organizador que determina las características del sistema, su funcionamiento como tal, su resistencia al medio externo, y el carácter de su desarrollo; y los sistemas *degresivos* o *esqueléticos:* aquellos sistemas que se integran sobre la base de un molde o patrón, como el cuerpo humano alrededor de su esqueleto, o un caracol según la forma de la concha, o el agua de un embalse según el lecho, etcétera.

"La degresión —escribe Bogdanov— es una forma de organización de enorme significado positivo, pues es la que hace posible el desarrollo de las formas plásticas, al fijarlas, al conservar su actividad, al proteger las tiernas combinaciones del burdo medio."[130]

Una forma específica muy peculiar de esta forma de organización es considerada la palabra, y en general las imágenes psíquicas.

Estos dos tipos de sistemas son analizados minuciosamente desde el punto de vista de sus interacciones con el medio, su capacidad de transformación, su papel positivo o negativo en el desarrollo. Todo esto merece un estudio especial y sin duda se debe tener presente por quienes hoy pretenden lograr una teoría sobre los sistemas.

Ahora, además de lo dicho al respecto, quisiéramos subrayar que Bogdanov también llegó a plantear la necesidad de estudiar la estrecha relación existente entre las dos formas de sistemas que hemos mencionado, considerando que tanto la *egresión* como la *ingresión* eran sólo casos particulares de la vinculación sistémica que caracteriza el proceso de diferenciación de los sistemas, y por tanto, estos dos tipos de organización no son opuestos, sino más bien complementarios, dependiendo en parte del proceso dialéctico de surgimiento, consolidación y funcionamiento de los sistemas: la dialéctica de los procesos de organización.

Con respecto a este proceso, en la *Tectología* encontramos un primer intento de exposición de las etapas más importantes de la formación de los sistemas desde la fase de diferenciación inicial de un grupo de elementos consolidados por ciertos tipos de vínculos, pasando por las fases que él denomina fase de diferenciación sistémica y fase de consolidación sistémica. Esta exposición va acompañada de un análisis detallado de la relación que, según él, es uno de los factores más importantes en el proceso de consolidación de los sistemas, en el que se establecen los criterios de progreso en el desarrollo de las formas de organización.

Como hemos podido ver en este breve resumen, la lista de científicos y principios por ellos formulados dentro de cada ciencia, como antecedentes conceptuales de la prehistoria de la teoría de sistemas, es mucho más larga de lo que han propuesto Bertalanffy y Rapoport; y en este plano, hoy, el aporte a estos estudios realizados por los investigadores marxistas ha abierto nuevos horizontes y nuevos criterios para abordar el problema en un plano científicamente consecuente. Solamente en lo que se refiere a los conceptos de sistema, elementos, estructura, homomorfismo, isomorfismo, regulación, homeostasia, transformación, organización, totalidad, modelo y relación, tendríamos en su elaboración el concurso de casi todas las ciencias.

Desde ese entonces, la investigación de los sistemas ha ido adquiriendo un ritmo cada vez más acelerado, aumentando no sólo el número de trabajos sobre este tema, sino también la considerable diversidad de enfoques teóricos acerca de este problema.

De estos enfoques, posiblemente el elaborado por Bertalanffy, y desarrollado más tarde por sus colaboradores Rapoport y Baulding, es el que desempeñó un importante papel en la

organización de las investigaciones de los sistemas, al crear una teoría general de éstos y fundar para su estudio en 1954, en Estados Unidos, la Sociedad para la Investigación en la Esfera de la Teoría General de los Sistemas, la cual, desde 1956, edita un anuario titulado *Los sistemas generales*. Esta sociedad tiene un carácter abierto, y con ella colaboran científicos de diversos países que mantienen criterios distintos a los expuestos en la *Teoría general de los sistemas* de Bertalanffy. Esta diversidad de criterios se refiere tanto a la definición formal de los sistemas como a las características básicas de los objetos que deben estudiarse como tales.

Por ejemplo, Bertalanffy considera que la teoría de los sistemas se debe basar en el estudio de los datos empíricos de los objetos, y a partir de éstos, buscar ciertas características generales y establecer las leyes de los sistemas y su clasificación. Ross Ashby parte del concepto, del conjunto dado, de todos los posibles sistemas, en el que se incluyen objetos y fenómenos de la índole más diversa. Para él, el objeto de la teoría consistiría en encontrar los principios de clasificación de estos objetos que permiten su análisis como sistemas, y la exclusión posterior de aquellos objetos que no responden a los principios establecidos.

Otro investigador, R. Ackoff, propone aplicar los criterios de investigación sistémica a la ciencia, con el fin de estudiarla como un proceso integral, como un sistema en el cual la característica fundamental es la actividad. Esta idea la desarrolla desde las páginas del ya citado *Anuario*, en un artículo que lleva como título "La teoría general de los sistemas. El esqueleto de la ciencia."

Otros investigadores han centrado su atención en la posibilidad de vincular el estudio de los sistemas a los métodos matemáticos. Los esfuerzos de estos científicos se concentran en otro organismo, creado también en Estados Unidos en 1959 con el nombre de Centro de Investigaciones de Sistemas, dirigido por M. Mesarovich, autor de varios trabajos importantes sobre la teoría de los sistemas.

En la actualidad, en la Unión Soviética, a este tipo de investigaciones se le presta especial interés. Por una parte, se han realizado una serie de investigaciones en diversas ciencias particulares, en las que los objetos sometidos a estudio han recibido un tratamiento especial en lo que se refiere a su organización como sistemas, y se han creado organismos espe-

cializados dedicados al estudio del enfoque sistémico y sus métodos. Estos tipos de trabajos constituyen una base sólida para la elaboración de la teoría de los sistemas, y tal elaboración se lleva a cabo en varias direcciones que quisiéramos simplemente señalar.

1. El estudio de la historia de la ciencia y la técnica, con el fin de establecer la génesis del problema, los criterios empleados, los resultados obtenidos.

2. La elaboración del aparato lógico formal o conceptual de la investigación de los sistemas. El análisis de la posibilidad de optimización de los sistemas con el empleo de modelos lógico-matemáticos.

3. El estudio de los métodos empleados en aquellas ciencias en las que el análisis de los sistemas se ha convertido de hecho en uno de los problemas centrales de la investigación: la biología, la psicología, la ecología, la cosmonáutica.

4. La elaboración de los problemas lógico-metodológicos de la investigación de sistemas con el fin de: a) establecer los principios metodológicos de tal investigación, es decir, situar la teoría de los sistemas o el método sistémico en los marcos de la clasificación y subordinación actual de los métodos de la ciencia; b) ver la posibilidad de elaborar una teoría de los sistemas que responda a las exigencias de las diferentes esferas en las que hoy día se aplica y, al mismo tiempo, establecer las perspectivas de aplicación a otras ramas del saber. Esto implica naturalmente un estudio de las teorías y métodos de investigación ya existentes.

Estas direcciones no se presentan en forma pura en la mayoría de los trabajos y sus autores, en general resuelven varias de estas tareas simultáneamente. Podríamos mencionar como ejemplos el libro de Kremianski *Los niveles estructurales de la materia viva*, o el artículo de I. B. Blauberg, V. N. Sadovski y E. G. Iudin, "Los problemas metodológicos del enfoque sistémico en la información".[139]

De los múltiples problemas que en todos estos trabajos se destacan y estudian, quisiéramos detenernos con cierto detalle en dos que tienen un significado teórico especial: 1) el problema de los principios generales de la investigación de sistemas; 2) el problema de los conceptos básicos de la teoría

de los sistemas. Problemas que no trataremos por separado, sino como un tema único:

5. LOS PRINCIPIOS Y LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE LA TEORÍA DE LOS SISTEMAS

Con la publicación de la *Teoría general de los sistemas* de Bertalanffy, se inicia una nueva etapa en la elaboración de teorías y métodos de estudio de los sistemas. El trabajo realizado desde entonces en esta esfera permite ciertas conclusiones, tanto sobre la legitimidad del "enfoque sistémico" de los fenómenos como sobre los conceptos básicos que lo caracterizan y problemas que busca resolver.

Los principios que caracterizan las diferentes teorías de los sistemas difícilmente pueden exponerse aun limitándonos a definiciones formales, debido no sólo a los distintos criterios que sobre ellos existen, sino, más bien, debido al carácter empírico descriptivo de gran parte de las teorías más elaboradas. También sería prematuro afirmar que es posible una clasificación de éstos, pues incluso una simple enumeración de tales principios con pretensiones de abarcar todas las posibles soluciones y aspectos está aún por lograrse.

Pero estas dificultades, que reflejan un proceso de constitución y formación, no impiden una enumeración provisional que sintetice los resultados obtenidos hasta el momento, aceptados por una mayoría: tal enumeración se hace, por ejemplo, en el libro de Blauberg, Sadovski y Judin que citábamos y que recomendamos por considerar sus conclusiones las más acertadas.

En este libro se mencionan siete principios básicos que, según los autores, definen el contenido de la teoría de los sistemas y que podrían llamarse más bien siete tipos de problemas.

Parece que todos están de acuerdo en que el punto de partida de toda teoría de los sistemas ha de ser una visión tal del objeto que se estudia como sistema, que nos presente a éste como una totalidad, o mejor dicho, como un *objeto integral*, lo que significa que dicha visión exige una diferenciación rigurosa entre dicho sistema y el *medio* que lo rodea, así como otra diferenciación, no menos rigurosa, entre el sistema como un todo y los *elementos*, es decir, las unidades básicas que componen dicho sistema, cuyas particularidades, a su vez,

se determinan y definen por el lugar y la función que cumplen en los marcos de la totalidad.

De esta manera, en la teoría de los sistemas se introducen ya tres conceptos que la definen en sus relaciones básicas y de composición: *medio externo, sistema y elemento*, conceptos que se encuentran estrechamente vinculados y que se definen recurriendo a sus relaciones funcionales. Así, el *elemento* adquiere su categoría sólo con referencia al sistema que integra y de ninguna manera se debe considerar como una unidad *ontológica* simple; por el contrario, en otra relación, y a veces dentro de un mismo sistema, el elemento puede ser un sistema o, mejor dicho, un subsistema, es decir, un sistema puede tener en calidad de elementos un conjunto de subsistemas.

El concepto básico en este trío que hemos enumerado es el concepto de *sistema*. El concepto "sistema" es el concepto central del enfoque sistémico y de la teoría general de los sistemas, dentro de los cuales se ha intentado definir de manera general.

La tarea de la definición general de sistema no es una tarea fácil y aún no podemos decir que se haya dado con una definición general aceptable.[140] De manera intuitiva, sin una definición formal, precisa, se aplica dicho concepto en los distintos enfoques particulares de sistema, en distintas disciplinas científicas. Esto hace que el concepto sistema, en forma operativa, por su aplicación (en un estado no formalizado aún), cobre un carácter y una amplitud muy general en una gran diversidad de disciplinas.

Es esta generalidad la que, en no pocos trabajos sobre dicho concepto, ha conducido a algunos autores a aseverar que "no existe materia fuera del sistema" o que "cualquier objeto es un sistema", en cuyo caso el concepto de sistema se identifica con el de objeto. Esta tendencia a considerar apriorísticamente que todo objeto constituye un sistema se ha manifestado tanto en obras de autores marxistas como no marxistas. Haciendo abstracción de las diferentes vías que han conducido a dichos autores a tal conclusión, podríamos englobar esta tendencia bajo la consigna de "sistemas por doquier". Los partidarios de dicha concepción, en la cual ya sea que se considere que "todo objeto es sistémico" o que "lo sistémico es una propiedad fundamental de la materia", elevan el concepto "sistema" del nivel de concepto científico general al nivel de categoría filosófica.[141]

La fundamentación de la existencia o no existencia de los sistemas se ha conducido por dos vías diferentes. Una que niega la existencia de los sistemas en la naturaleza pero que sostiene su existencia en la conciencia, y otra que plantea la existencia ontológica objetiva de los sistemas. No podemos estar de acuerdo con ninguna de estas posiciones extremas frente al problema de la existencia o no de los sistemas.

El sistema es una propiedad de la realidad objetiva que nosotros descubrimos, comprendemos y reflejamos en nuestra conciencia en el proceso del conocimiento. Ello no significa que sea una construcción arbitraria de nuestra conciencia. Cabe señalar que no es toda la realidad objetiva la que es reflejada mediante el concepto de sistema, sino sólo una determinada propiedad de los fenómenos reales que el investigador destaca o distingue en el proceso del conocimiento.[142]

Así, por ejemplo, un mismo objeto puede ser representado en forma de distintos sistemas en dependencia de las tareas de investigación propuestas, del nivel de desarrollo de la ciencia y de la profundidad o penetración del conocimiento en el objeto. El sistema es una representación teórica del objeto y, por tanto, no puede existir fuera de ella, aunque el objeto con sus relaciones exista objetivamente.[143]

El conocimiento puede ser también caracterizado como sistema y podemos hablar también de sistemas teóricos, sistemas axiomático-deductivos y otros, en fin, de sistemas conceptuales.[144]

El grado de abstracción del concepto "sistema", que nos permite aplicarlo a una enorme diversidad de objetos independientemente de su especificidad, y tanto a los objetos del conocimiento como al conocimiento mismo, es el que ha sugerido su elevación al plano de categoría filosófica. Esta elevación al plano filosófico parece responder a que, en efecto, éste cumple con los dos requisitos básicos que se exige a toda categoría filosófica: la universalidad y la cooperación para dar una solución más profunda al problema de la cuestión fundamental de la filosofía: relación del ser y el pensar.

Podemos estar o no de acuerdo con la elevación del concepto "sistema" al rango de categoría filosófica. Ello no sólo se lograría reconociendo su universalidad, tanto en el sentido ontológico —o sea, que los objetos del conocimiento en una relación u otra son sistemas y que en principio no hay objetos no sistémicos— como gnoseológicos, sino determinando el lugar y el papel de dicho concepto dentro del sistema de con-

ceptos científico-generales o de categorías de la dialéctica. Aún más, no existe una comprensión única del concepto de sistema ni de los criterios de sistematicidad de los objetos y características de éstos como sistemas. Las vías para introducir este concepto como categoría filosófica son: reconocer la existencia de cualquier objeto como sistema o la de reconocer el carácter sistémico de nuestras formas de conocimiento. El problema también se plantea debido a que hoy día es difícil abordar el estudio y la exposición de la dialéctica materialista sin tener presentes las categorías que reflejan el carácter sistémico del mundo material y su reconocimiento. Se trata, pues, de una tarea urgente pero que no puede ser realizada en forma mecánica y sólo por medio de proclamaciones, sino después de un estudio profundo que exige una definición más rigurosa de las nuevas categorías e implica una visión nueva de todo el sistema. Creemos que los intentos realizados, hasta el momento, de introducir el concepto de sistema en el sistema categorial de la dialéctica, se han llevado a cabo en forma apresurada. En ellos se introduce un concepto de sistema aún no depurado de algunas de las limitaciones de que adolecen las definiciones de sistemas elaboradas en una u otra esfera particular de la ciencia. Un ejemplo de tal intento es la definición que dice: "En la filosofía marxista-leninista se entiende por sistema cierta totalidad integral que tiene como fundamento determinadas leyes de existencia. El sistema está constituido por un conjunto de elementos que guardan entre sí determinada relación. El elemento es la entidad primaria del conjunto de las cuales se forma la totalidad secundaria del sistema." Analizando esta definición, vemos que la primera parte es demasiado abstracta y en ella el concepto de sistema puede ser sustituido por cosa, entidad, ente, etcétera. La segunda parte es más explícita pero poco clara y de limitado valor heurístico. La tercera y última, por el contrario, es demasiado concreta y la universalidad que en ella se anuncia presenta serias dudas, y de acuerdo con las últimas investigaciones es inaceptable para determinados niveles de la realidad material. En esta definición los conceptos de elemento, parte y todo se interpretan de una manera tal, que hacen imposible lograr una comprensión justa del sistema a nivel subatómico.

Apuntamos este problema sin pretender dar un desarrollo más amplio, ya que en los primeros capítulos de nuestro trabajo la tarea de distinguir los diferentes niveles metodológicos ya ha sido realizada. Pero sí queremos plantear que este

problema influye en la definición y comprensión de lo que se entiende por sistema y que, por tanto, una mejor explicitación de dicho concepto y de las categorías de la dialéctica se logra mediante la colaboración conjunta del nivel filosófico y del nivel científico general. No sería dialéctico pensar que un concepto como el de sistema se encuentra alejado de la dialéctica; aún más, tratándose de un alto grado de generalidad. Existe pues una interacción enriquecedora entre los tres niveles que hemos planteado: el filosófico, el científico general, y el científico particular, en lo cual han de precisarse los conceptos y categorías de unos y otros con ayuda de todos en su conjunto.

Según L. von Bertalanffy, la utilización que él realiza del concepto "sistema" en su sentido teórico amplio, ha sido oscurecida por su uso y aplicación en problemas tecnológicos.[145] Este término trasciende estos problemas que tienden a utilizar el concepto en un sentido muy especializado, convirtiendo a la teoría de sistemas en una teoría especializada, cosa que, según Bertalanffy, no es la intención de la teoría general de los sistemas, que él concibe como contrapartida a la especialización cada vez mayor de la ciencia. El rol integrador del conceptor "sistema" se pierde, en este sentido, como una herramienta para la unificación del lenguaje científico. Dicho lenguaje común no debe basarse en una mera convicción, sino en el carácter de los objetos de investigación de la ciencia, carácter común que consiste en que dichos objetos constituyen sistemas.

Sin embargo, los objetos caracterizados como sistema no pueden ser sometidos solamente a este tipo de análisis, al cual eran sometidos los objetos físicos, por ejemplo, en la mecánica clásica. Los objetos sistémicos poseen otras características que no podrían ser explicadas mediante una simple descomposición en partes y elementos componentes.

> En calidad de rasgo determinante, que caracteriza específicamente a los objetos de la teoría general de sistemas, a diferencia de los cuerpos físicos corrientes, la gran mayoría de los investigadores sitúan en un primer plano su integridad, su estructura interna cerrada, que determina sus propiedades fundamentales, y en un alto grado a todo el objeto en su completitud y no sólo a sus elementos componentes por separado.
>
> Este rol "organizador" del todo en relación con sus componentes que representan sistemas puede incluso ser muy

fuerte. La simple división mecánica de los elementos en tales objetos sistémicos puede conducir a que el investigador obtenga un componente distinto de aquel que él quería investigar. Ya Aristóteles, por esa misma razón, había mostrado que la mano separada del cuerpo físico del hombre no es ya una mano.[146]

El método sistémico y la comprensión de los objetos como sistema presupone la complejidad del fenómeno y es de mayor valor heurístico allí donde el objeto está constituido a su vez por sistemas, en el sentido de que estos subsistemas no pueden existir fuera del sistema del que ellos forman parte, sin perder o arrastrar consigo algunas de las propiedades del todo. Los enlaces y relaciones entre los "elementos" de tales sistemas —mientras más complejos y más integrados se encuentren será en mayor grado— están en dependencia no sólo con el sistema en su conjunto, sino con los demás "elementos" del propio sistema que ellos constituyen. De ahí que, mientras que en un agregado mecánico sea relativamente fácil la sustitución de un componente del "sistema mecánico" por otro análogo, sin que el sistema se vea afectado en su funcionamiento, ello no será así cuando se trate de un sistema integral o un sistema orgánico. Mientras mayor complejidad de interrelaciones, mientras más entretejido esté un sistema integral por dichas relaciones, mayor será la dificultad para sustituir partes componentes del sistema por otras.

Al problema de la caracterización de los rasgos y propiedades de estos sistemas complejos es al que ha llegado la ciencia actual. Esta caracterización general de todos los sistemas se ha llevado por vía de la elaboración de una teoría general de los sistemas, para lo cual uno de los requisitos básicos consiste en dar una definición general de *sistema*. La tarea que se propone esta teoría general es la de elaborar los conceptos básicos y la metodología aplicable a todos los tratamientos sistémicos independientemente del sistema concreto de que se trate y para todas las ciencias.

Las vías planteadas como orientadoras en la búsqueda de la definición general de sistema las podríamos resumir de la manera siguiente:

1. Tomar las definiciones de sistema ya elaboradas, compararlas y extraer de ellas sus elementos semejantes y deducir de éstos el concepto general de sistema. En este caso se

preferiría que las nociones o conceptos semejantes fuesen traducidos a un lenguaje "neutral", expresándolos mediante el simbolismo de la lógica o de la matemática.[147]

2. Dar con una realidad sistémica que sea capaz de contener por su nivel de complejidad y su posición frente a los demás sistemas las características de todos los demás, en el más alto grado de generalidad, cuya difinición implique la comprensión de las demás definiciones de sistema como casos de la misma sin reducirlos.[148]

3. Que una de las definiciones de sistema ya elaboradas se imponga gradualmente, demostrándose más útil y operativa, y acabe obteniendo una aceptación general en la práctica.

4. En la base de la creación de una teoría general de sistemas se desechan los conceptos o definiciones particulares de sistema. Dentro de esta teoría general se define el sistema y ella misma se constituye en una teoría formalizada, estableciéndose una relación entre el concepto de sistema de la teoría general y los sistemas investigados en cada rama científica en la cual estos últimos se contemplan como casos particulares frente al concepto general de sistema.

Creemos que la vía que puede rendir mayores frutos es la de la búsqueda de la definición dentro del nivel científico general del enfoque sistémico y de los intentos de formalización de la teoría general de sistemas. Las demás vías propuestas, entre ellas, en particular, la de definir una realidad sistémica lo más compleja posible y tomar esta definición como la definición general, adolecen de serios defectos. En primer lugar, las ciencias particulares tienen como meta definir su propio concepto de "sistema" y dar una definición de sistema válida para las demás ciencias, si bien es cierto que puede haber analogía entre unas y otras definiciones particulares. Si una ciencia logra definir su sistema —sea éste un sistema, digamos, social— y se pretende que el índice de complejidad del sistema real sirva como índice de generalidad del sistema definido, nos encontraríamos con la paradójica situación de que éste no sería el sistema más complejo. En este caso, el sistema más complejo en el cual se encontraría también el sistema definido, es aquel desde el cual se da la definición.[149]

Es dentro de los intentos de construcción de una teoría general de los sistemas donde nos encontramos, no sólo con el problema de la definición misma, sino, y en general, con otros conceptos sistémicos que son los que entran en la propia definición general. Sin el análisis y utilización de estos en la definición de sistema no sería posible su elaboración. Sin embargo, estos conceptos que entrarían como notas caracterizadoras en la definición general de sistema no han sido abordados con los mismos criterios por los diferentes autores que han tratado de construir dicha definición dentro de los marcos de una teoría general de sistemas.

Entre los criterios expuestos en la literatura dedicada a este tema nos parece de especial interés señalar el utilizado por V. Sadovski,[150] en el estudio de lo que él denomina "la familia de significados del concepto sistema". El análisis de V. Sadovski tiene como punto de partida el contenido de las definiciones del concepto de sistema y sus rasgos característicos. Según este autor, se pueden establecer tres grupos que se designan con las letras *A*, *B* y *C*. En el grupo *A*, tendremos aquellos rasgos que caracterizan al sistema internamente, o sea, a su composición interna: conjunto, elemento, relación, propiedad, vínculo, interacción, subsistema, organización, estructura, etcétera. En el *B*, tendremos el conjunto de rasgos que caracterizan determinadas propiedades específicas de los sistemas: aislamiento, interacción, integración, diferenciación, centralización, descentralización, totalidad, realimentación, equilibrio, dirección y otros. Ya en el grupo *C*, tenemos aquellos que caracterizan la conducta del sistema: medio, estado del sistema, actividad, totalidad, funcionamiento, cambio, homeóstasis, teleologismo, etcétera.

Cualquiera que sea la definición del concepto de sistema elegido, es evidente que éste deberá incluir en su contenido un número determinado de estos rasgos. Es fácil observar que en estos tres grupos señalados por Sadovski, éstos rasgos (que bien pudiéramos denominar conceptos sistémicos) se encuentran estrechamente vinculados. Los conceptos que entran a formar parte de la definición representan en sí un corte más o menos logrado de la realidad sistémica que se pretende reflejar, pero en la mayoría de los casos el sistema se concibe como una unidad, conjunto, totalidad, ya sea de partes, elementos, subsistemas, variables, etcétera. Las relaciones entre estas partes se explican mediante los conceptos de enlace, vínculos, interacción.

La definición del concepto "sistema" evoca en parte el esquema de un número determinado de objetos unidos por un determinado tipo de vínculo. Mediante los conceptos de elemento, parte, totalidad, representamos el aspecto discontinuo, o de existencia separada, del sistema y de su pluralidad, separación que se supera mediante los conceptos de enlace, vínculo, interacción, etcétera.

Debido, en parte, a que el concepto "sistema" representa en sí mismo —como todo concepto— una unidad de contrarios, se nos presentan ciertas dificultades en cuanto a su representación lógico-formal y su definición matemática. Estas dificultades se acentúan si tenemos presente el carácter cualitativo de las definiciones ofrecidas en las diferentes ciencias particulares, tanto del propio concepto de sistema como de los rasgos sistémicos señalados.

El sistema constituye una unidad integral (unidad dialéctica de lo uno y lo múltiple). El carácter sintético del sistema se expresa mediante el concepto de totalidad. Así, cuando se define el sistema como una totalidad, se quiere significar que éste no es solamente un conjunto, sino un conjunto de elementos interconectados que logran su integridad debido a esta interconexión. El concepto de totalidad cumple la doble función de indicar que el sistema es una unidad de los aspectos contradictorios que son la separación —pluralidad de elementos— y la conexión —unidad de esos elementos que constituyen un todo mayor: un sistema.[151]

Debido a esa doble función del concepto de totalidad es que muchos autores consideran que éste es el rasgo o característica principal del sistema. El sistema no es un simple conjunto de objetos en interacción, pues la interacción entre esos objetos determina una unidad mayor y otras propiedades que no pertenecen individualmente a cada objeto por separado, sino que aparecen en la interacción y como unidad de propiedades de un objeto distinto.

Las definiciones constituidas a través del concepto totalidad se enfrentan a las que utilizan solamente el concepto de conjunto. En estas últimas, se define el sistema como "conjunto de elementos en interacción" o como "conjunto de variables de una máquina real" (Ashby).

Estas definiciones que contemplan el sistema como conjunto han despertado dudas en otros investigadores, por ejemplo, G.R. Rannap y Schneider.[152] Éstos argumentan que en la formación de un conjunto los elementos constituyen el punto de

partida, siendo una determinada composición de los mismos la que representa uno u otro conjunto. Sin embargo, lo primario en el sistema es que es una totalidad compuesta de partes en interacción. Los elementos del sistema no están dados de antemano, sino que éstos aparecen o se escogen durante el proceso de división del sistema. Cada sistema permite varias divisiones. Toda división del sistema representa un conjunto, pero el sistema mismo no es un conjunto, aunque se le pueda contemplar como tal. Contemplar el sistema como conjunto es posible en una segunda etapa de la investigación del sistema, cuando ya se establece qué forma de división en elementos hemos escogido para el fin concreto de nuestra investigación.[153]

Una de las tareas más difíciles que se presentan en la investigación de los sistemas complejos —biológicos, sociohistóricos— consiste en encontrar el elemento o elementos básicos componentes del sistema. Es en estos objetos sistémicos complejos en los cuales el investigador, aún de antemano considerándolos como sistemas, no puede fácilmente determinar el o los elementos básicos relevantes al sistema como un todo.

Tenemos así dos definiciones básicas del sistema: una que utiliza los conceptos de "conjunto", "elemento" e "interacción", y otra que utiliza los conceptos de "totalidad" —todo—, "parte" e "interacción". Aquellas definiciónes que utilizan tanto el concepto de elemento como el de totalidad son las que aparecen con mayor frecuencia a través de la literatura dedicada al enfoque sistémico.

Lo sistémico se opone a lo dividido en partes, a lo que no tiene relación, se opone al elemento, a lo elemental; sin embargo, los presupone y no puede prescindir ni de las partes ni de los elementos.[154]

> Tomando la totalidad del sistema —escribe Sadovski— como punto de partida, se puede definir el sistema en un nivel no formal a través de los siguientes rasgos: 1) el sistema es un complejo integral de elementos interconectados; 2) forma una unidad especial con el medio —en algunos casos el sistema no puede considerarse aislado del medio, aunque esto no quiere decir que todos los problemas de la investigación sistémico-estructural sean de tal naturaleza—; 3) usualmente cualquier sistema investigado es un elemento de un sistema de orden superior —esto quiere decir que puede aparecer en relación a

otros problemas como un subsistema o elemento de un sistema más amplio—; 4) los elementos de cualquier sistema investigado aparecen a su vez como sistemas de un orden inferior.[155]

Otra definición que, a nuestro juicio, es una de las más logradas, a pesar de haberse formulado en una ciencia particular, es la definición elaborada por L. A. Blumenfeld dentro del campo de los sistemas biológicos, ya citada en el presente trabajo.[156]

La amplitud del concepto "sistema" hace que el enfoque sistémico tenga un papel metodológico más amplio en comparación con otros enfoques. Este papel metodológico sólo puede ser llevado a cabo de manera efectiva si los conceptos relacionados con el sistema constituyen un todo organizado. En otras palabras, se trata de la sistemicidad misma de los conceptos y nociones dentro del propio enfoque sistémico. Esta sistemización aún no se ha logrado plenamente debido a que muchos conceptos sistémicos aún no han sido estudiados con suficiente profundidad. Por ejemplo, en los conceptos de sistema y estructura vemos una elaboración más acabada y una dedicación a su análisis mayor de la que se ha invertido en los de medio, elemento y totalidad. Estos últimos son utilizados en la mayor parte de los casos de manera intuitiva. Su sentido ha de recogerse a través del contexto en que éstos son utilizados debido a que no tienen, o no se les ha logrado dar, una significación unívoca.

Entre los conceptos más importantes y básicos que entran en la definición del sistema —y sin el cual no podría ser definido como lo hemos expuesto— tenemos el de "elemento". Este concepto es uno de los más discutidos entre los conceptos sistémicos. Esto no sólo se debe a su ubicación y análisis conjunto con los demás conceptos sistémicos dentro del enfoque sistémico mismo, sino por su comprensión, por ejemplo, en ciencias particulares como la física y la biología. Al igual que se tiene en cuenta el aporte de los enfoques sistémicos particulares a la definición general de sistema, también hay que considerar, en lo que al concepto de elemento se refiere, lo que las ciencias particulares han elaborado, y contribuido a su comprensión, dentro del campo de los fenómenos que éstas investigan. De no ser así, se corre el riesgo de dar una definición de sistema dentro de cuyo contexto el concepto de elemento

sea inaceptable para esa ciencia y pierda por ende su carácter de concepto general; cosa que no pocas veces ha sucedido.

Es por ello que quisiéramos presentar algunas consideraciones que mostrarán los cambios que en el concepto *elemento* se han de introducir al analizar este tipo de realidad y el significado que esto implica para la propia comprensión del todo, o sea, del *sistema*. Éstas muestran que, a dicho nivel, los criterios de primario y secundario con respecto a la relación parte-todo no tienen el sentido que le atribuyen ciertos autores.[157]

Como sabemos, al estudiar los sistemas en las diferentes macroestructuras en que se presentan, la ciencia ha elaborado un concepto de "elemento" que es sinónimo de partes integrantes o de esencias elementales, a partir de las cuales y de sus múltiples combinaciones es posible explicar la diversidad de la naturaleza y sus fenómenos.

La máxima expresión de este modo de pensar es el atomismo, que ya desde la antigua Grecia implicó un determinado estilo de pensamiento y unos criterios rigurosos sobre la relación existente entre lo simple y lo complejo, lo superior y lo inferior, lo continuo y lo discreto, la parte y el todo. Pese a las conocidas particularidades de cada teoría sistémica concreta, este estilo de pensamiento fue el mismo desde Demócrito hasta Dalton, creador del atomismo químico del siglo XIX.

El nuevo atomismo desempeñó un papel positivo muy importante, pues liberó a las ciencias de las falsas concepciones que se apoyaban en la afirmación de que existían ciertas "sustancias" específicas y ciertos "principios primarios" de la realidad que determinaban tanto las cualidades físico-químicas como la naturaleza de lo vivo.

El atomismo químico del siglo XIX se basó en la existencia real de los átomos, que inicialmente consideró como las partículas más pequeñas de la sustancia, para demostrar que de ellos esencialmente dependían las propiedades y la conducta de los diferentes tipos de sustancias. Fue entonces cuando las transformaciones químicas se empezaron a interpretar como un proceso de unión y desunión de los átomos, que al variar sus relaciones cualitativas y cuantitativas determinaban la diversidad sustancial del mundo material, a la vez que ellos se mantenían invariables o indivisibles.

El siguiente paso en el desarrollo de las concepciones atomísticas estuvo determinado por el descubrimiento de que estas partículas tenían una estructura interna, una arquitectónica

compleja, lo cual exigió un análisis de la interrelación de estas diferentes estructuras que reciben el nombre de "elementales".

La física relativista y la física cuántica profundizaron esta visión de lo "elemental" y "primario" al introducir métodos nuevos de análisis, creando el denominado "atomismo de la acción", según el cual el movimiento, las propiedades y los estados de los microbjetos se pueden cuantificar, o sea, pueden ser expresados en forma de magnitudes discretas y de relaciones exactas.

La constante de Planck *(h)* —el "cuanto de acción"— es una constante física universal que expresa la frontera cualitativa que separa los macro y microfenómenos.

Hasta aquí pudiéramos decir que aún se mantienen más o menos vigentes los viejos principios del atomismo, y entre ellos la comprensión clásica de la parte y el todo.

Pero ya en la física cuántica estas ideas y, en primer lugar, la comprensión de lo elemental y lo complejo, lo simple y lo compuesto, adquieren un contenido nuevo que implica un nuevo enfoque de estos problemas.

Este nuevo estilo no se logra de la noche a la mañana, sino como resultado de un largo y complejo proceso en el cual se pueden distinguir una serie de etapas, las cuales no se caracterizan por un camino rectilíneo, sino más bien por subidas y caídas, pasos hacia adelante y retrocesos, a veces desesperantes, para aparentar la llegada a un callejón sin salida. La forma básica en que este proceso tiene lugar es la lucha entre diferentes teorías y, pese a que en la actualidad aún muchas interrogantes no han recibido una respuesta definitiva, ya se ha hecho evidente que la comprensión clásica de lo elemental y lo complejo, lo primario y lo secundario ha sido definitivamente superada —a este nivel— y posiblemente lo sea también en otros, si se saben generalizar e interpretar correctamente los resultados obtenidos en esta esfera del mundo material.

Como sabemos, en la física clásica lo complejo y lo elemental se examinan, o mejor dicho, pueden ser examinados en forma aislada. En la física cuántica esto es imposible: lo complejo y lo elemental se presuponen mutuamente de tal forma que no se pueden analizar por separado. De aquí que, con respecto a las partículas elementales, sea imposible la afirmación "están constituidas de", en ellas lo elemental y lo sistémico se examinan en forma simultánea, lo mismo que lo simple y lo complejo. Es por ello que a este nivel las particularidades elementales se

pueden establecer sólo por medio del estudio de las características integrativas del todo, o sea, del sistema.

En una palabra, el nuevo significado del concepto "elemento" planteó a su vez la necesidad de una transformación íntegra del estilo de pensamiento, pues sólo con esta nueva visión se hizo posible explicar y comprender fenómenos tales como la transformación mutua de las partículas elementales, el intercondicionamiento de sus propiedades, etcétera.

Es precisamente este nuevo estilo el que determinó la frase, a primera vista paradójica, de M. E. Omelianovski: "Hemos llegado a la idea de que no existen objetos elementales' como tales, o sea, que la materia no está constituida por partículas elementales."[158]

Esta afirmación formula de hecho el postulado básico de ese nuevo estilo de pensamiento: *la interpretación de lo complejo, del todo, de la integridad, no puede basarse en una concepción sumaria de las relaciones de ciertos objetos denominados "elementales"*. Por el contrario, para conocer las características de un fenómeno que constituye un elemento de cierto sistema es necesario partir, en primer término, de un conocimiento de la integridad, es decir, del sistema. En efecto, la física ha demostrado que el protón y todas las demás partículas denominadas "elementales" no son ni complejas ni elementales, sino simultáneamente lo uno y lo otro.

El atomismo clásico y el atomismo contemporáneo coinciden en que ambos estudian la relación de la totalidad y lo elemental, del todo y la parte. Pero para el atomismo contemporáneo el problema de la divisibilidad del todo no es lo esencial, lo más importante es la compatibilidad de los elementos con la totalidad: con el sistema. En otras palabras, *lo importante en el concepto elemento no son las características de su posible estructura interna, sino las propiedades que lo caracterizan como parte integrante del todo.*

Desde este punto de vista es como en la actualidad se debe examinar el problema de la inagotabilidad de la materia formulado por Lenin. Y ésta es la base para comprender la importancia cada día más relevante que adquiere en el proceso del conocimiento el enfoque *sistémico,* libre de su interpretación *simplista,* como mera división cuantitativa de lo real en partes cada vez más *pequeñas.*

Concluyendo, el concepto de elemento no debe referirse solamente a la posibilidad —o no posibilidad— de divisibilidad es-

pacial concreta del sustrato material componente de los cuerpos físicos. La elementaridad debe entenderse también como elementaridad funcional, al analizar el hecho de que ciertas partes —no elementales en el sentido de la posibilidad de una ulterior división del sustrato material concreto— cumplen determinada función relevante para el sistema en que se encuentran y que dicha función no es ulteriormente divisible. "En un sistema —sistema que aparece como un todo orgánico— un elemento es caracterizado primero, y ante todo, de acuerdo con su función y es definido como la unidad mínima capaz de llevar a cabo una función relativamente independiente."[159]

El elemento es la unidad mínima relevante al sistema, no en sí como unidad última, como ladrillo componente o materia prima indivisible del sistema, sino incluso como cosa compuesta, o como unidad cuya ulterior división material implicaría la pérdida de su unidad cualitativa funcional con respecto al sistema.[160]

Dentro del sistema el elemento puede considerarse como independiente y su independencia consiste en conservar una determinada cualidad. El elemento es la unidad cualitativa más allá de la cual se pierde su homogeneidad cualitativa con el sistema.

Estructura. De la existencia de estos tres conceptos que hemos analizado y que reflejan los tres niveles diferentes de fraccionamiento de la realidad en la teoría de los sistemas, se deduce la necesidad de introducir otro que signifique o defina las relaciones entre dichos niveles; éste es el concepto de *vínculo,* que es aceptado por los investigadores, con muchas reservas, por tener un contenido muy amplio que no refleja con suficiente precisión la forma específica que caracteriza las relaciones entre *medio, sistema,* y *elemento.* Por esta razón se ha buscado la forma de limitar este concepto, de modo que su posible nueva definición refleje su función en el sistema, lo que formalmente se puede lograr, como sabemos, con un término nuevo o con una especificación del propio concepto "vínculo".

Dicha búsqueda, por el momento, ha seguido el camino de la clasificación y sistematización de los tipos de vínculos que se descubren en los diferentes sistemas, y se ha realizado con mayor éxito en algunos tipos de investigaciones sistémicas particulares, por ejemplo, en la biología.

En el trabajo de Blauberg, Sadovski y Iudin se propone el término *vínculos formadores de sistemas,* con el que al pare-

cer se ha querido destacar el carácter genético funcional de los tipos de vínculos que prevalecen en los sistemas. Estos mismos autores señalan también, con razón, la existencia de otros tipos de vínculos que no quedan incluidos en el contenido de este concepto que ellos proponen.

Pero a pesar de que, con respecto al concepto "vínculo", las dificultades en la elaboración de criterios generales que permitan una delimitación de su extensión aún se encuentran en una etapa inicial, esto no ha sido un obstáculo para la definición de un tercer principio o grupo de problemas derivados de dicho concepto.

Por ello, para definir el conjunto de vínculos que actúan en un sistema y establecer las características tipológicas de éstos, se ha reunido a dos conceptos que hoy día son bien conocidos, más por sus nombres que por su verdadero contenido. Nos referimos a los conceptos de *estructura* y *organización*. Conceptos que a veces se usan como sinónimos debido a que expresan un mismo fenómeno, sin tener presente el contenido específico que se deriva del hecho de que dichos conceptos reflejan ese objeto desde diferentes "puntos de referencia"; nosotros preferimos usar sólo uno de estos conceptos, distinguiendo en él dos tipos de funciones. Este concepto es el de *estructura*, que a nuestro modo de ver se refiere, o mejor dicho, refleja la ley de vinculación de los elementos del sistema y la forma de ordenación de éste, haciéndolo en dos planos distintos: en uno buscando destacar la constitución, la jerarquía de tipos de vinculaciones —pudiera aplicarse el término "leyes de vinculación"— y en otro, las leyes que garantizan el desarrollo del sistema, o sea, indican el modo de introducir elementos nuevos, así como la relación formal de un sistema con otro. Quisiéramos señalar que en la ciencia contemporánea la aplicación del concepto estructura, en diferentes sentidos, ha originado serias polémicas e incomprensiones.

Entre las acepciones más en uso se deben señalar las siguientes: estructura materializada, estructura como ley del sistema de relaciones, estructura funcional, etcétera. Definiciones que recogen aspectos diferentes del contenido del concepto. ¿Hasta dónde coinciden los conceptos de "ley" y "estructura"? Ésta es una pregunta que exige una respuesta inmediata al introducir el concepto de ley en la definición de la estructura.

Es fácil observar que tanto el concepto de "estructura" como el de "ley" pretenden expresar elementos estables en la organización y ordenación del objeto y en la determinación de la

dirección de su desarrollo. La ley se manifiesta en dos aspectos: uno particular, como la característica de un grupo de fenómenos dentro del sistema o de un aspecto de éste; otro general, como una característica de la ordenación general del sistema. En este último aspecto la estructura y la ley pudiera decirse que coinciden, aunque sería más exacto afirmar que la estructura coincide, no con la ley propiamente dicha, sino con el grupo de leyes que caracterizan los objetos como sistemas y que determinan su funcionamiento como objetos integrales.

Queremos señalar que la definición del alcance o la extensión de los conceptos que vamos introduciendo, no se puede limitar a la descripción de su contenido, sino que exige un análisis más profundo de todo el sistema conceptual que usamos; por eso, al introducir en nuestra exposición estos nuevos conceptos y, en particular, el concepto de "estructura", nos vemos ante la necesidad de establecer la relación de este concepto con otros ya en uso tanto en las ciencias como en la filosofía.

No es necesario insistir en que el estudio de este problema exige un análisis concreto y no simples declaraciones. No obstante, antes de emprender tal estudio, es necesario destacar algunas cuestiones de cierto interés metodológico.

El concepto de estructura se introduce en la ciencia en el momento en que el contenido categorial de la teoría marxista se consideraba en lo esencial constituido y, lo que es más importante, cuando este sistema de categorías parecía mostrar cierta estabilidad. Esto motivó una actitud conservadora, cierta inercia o despreocupación por la necesidad de introducir cambios. Por ello —aunque sólo sea teóricamente— la necesidad de una renovación constante del sistema de categoría del marxismo y la posibilidad del surgimiento de nuevos conceptos es un principio que nadie se atrevería a negar. Cuando en la actualidad teórica y en la práctica se planteó la necesidad de reconocer la existencia y la función de nuevos conceptos, fuimos testigos no sólo de una aceptación de estos principios, sino también de un proceso de resistencia que en el mejor de los casos se debería definir de "actitud sumamente cautelosa", pero que en muchos otros fue de rechazo.

Esta actitud, en esencia conservadora, no sólo es comprensible, sino que hasta cierto punto se justifica, si vemos en ella el deseo de aceptar lo nuevo sólo después de un análisis pro-

fundo, para lo cual es necesario el tamiz de la actitud crítica, en la que el nuevo concepto habrá de cobrar una mayor rigurosidad científica. Esto se debe a que el surgimiento de los nuevos conceptos tiene lugar, no de una forma automática, ni por medio de una intuición genial, aceptada espontáneamente por todos, sino como resultado de un complejo proceso de diferenciación, de fundamentación y ubicación de los nuevos conceptos en el sistema conceptual ya existente, o sea, como resultado de un proceso de génesis histórica y lógica.

Lenin señaló claramente la necesidad de fundamentar la introducción de nuevas categorías, subrayando esta idea al concluir la lectura del prólogo de Hegel a *La ciencia de la lógica.*

"Las categorías —escribe Lenin— tienen que ser *inferidas* (y no tomadas arbitraria o mecánicamente) (no mediante una 'exposición', no mediante 'afirmaciones', sino *demostrando)* (24) partiendo de lo más simple, de lo fundamental."[161]

Por tal razón, decíamos que una actitud de reserva que no pase de la exigencia de esa *demostración* es útil y necesaria mientras el nuevo concepto no adquiera su personalidad y demuestre su legitimidad. Hasta este momento, las funciones que ha de cumplir el nuevo concepto, o parte de éstas, las realizan aún los viejos.

Esto justifica una vez más la necesidad urgente de la demostración, como condición de toda aceptación, y en primer lugar la demostración de qué aspecto de la realidad, qué peculiaridades específicas de los fenómenos concretos reflejan los nuevos conceptos con mayor rigurosidad y profundidad que los conceptos anteriormente en uso.

Esto explica que los nuevos conceptos se rechacen —con frecuencia— con el argumento de que el contenido que ellos pretenden reflejar se abarca ya plenamente por otros aceptados y probados en la práctica.

Con el concepto de estructura ha ocurrido precisamente esto. Por regla general es el concepto "forma" el que se ha destacado con mayor insistencia como el concepto que ha cumplido, y para muchos aún debe seguir cumpliendo, las funciones que hoy se dice cumple, o debe cumplir, el de estructura.

Por ejemplo, en la filosofía marxista, en la etapa en que el término estructura aún no había logrado una aceptación general, se le rechazó al identificarlo con el concepto de cantidad.[162]

Los motivos de este rechazo ahora los comprendemos y hasta los podemos justificar; simplemente algunos autores no tu-

vieron a su alcance suficientes elementos para valorar en su integridad el concepto de estructura y señalaron acertadamente que este concepto reflejaba —tal como se presentaba en ciertas investigaciones—, una serie de elementos que por aquel entonces se reflejaban con mayor o menor adecuación en los conceptos de cantidad y cualidad.

La identificación del concepto "estructura" con el concepto "forma", a nuestro modo de ver, es un problema más serio que está vinculado a la absolutización histórica de una de las funciones del concepto forma; así, en el libro *El materialismo dialéctico y la medicina,* se afirma que *"la forma* se debe entender como la estructura interna del contenido, como la ley que vincula los elementos".[163]

Como se puede ver, la "forma" aquí se define como "estructura", como ley. Otros autores se contentan con señalar la identidad, Sheptulin, por ejemplo, escribe: "...el concepto 'estructura' coincide con el concepto 'forma'. Pero es inevitable y natural, ya que este concepto ha surgido partiendo del desarrollo del otro y no es más que su manifestación concreta."[164] Esta identificación, aunque representa un paso importante hacia el reconocimiento de la necesidad del concepto "estructura" y, como otras identificaciones, tiene el valor de señalar ciertos aspectos de la relación real entre los conceptos de estructura y forma, es, no obstante, deficiente ya que no tiene presente el contenido real del concepto "forma", contenido que en muchos de sus aspectos no coincide ni puede coincidir con el contenido del concepto "estructura". Históricamente el concepto "forma" se ha desarrollado en relación directa con el concepto "contenido". Al decir forma y contenido, esto significa que se le reconoce cierto valor existencial a esta relación, cierta funcionalidad. Ella consiste en que al contenido se le adjudica determinada primacía, pues el cambio del contenido, o sea, los cambios en la composición determinan, según este criterio, los cambios en el sistema.

La identificación de la estructura con la forma nos obligaría a reconocer o aceptar que el cambio de la estructura está determinado por el cambio de los elementos, por el cambio del contenido; tendríamos que aceptar también que en todo sistema la estructura es el factor conservador, estabilizador, y los elementos el factor activo y variable, la causa del movimiento y el desarrollo del sistema, pero los resultados obtenidos por la ciencia, y, en primer término, por las ciencias na-

turales, han demostrado convincentemente que el desarrollo de los sistemas no está determinado sólo por los cambios en la composición, sino también por cambios en la ley de vinculación de los elementos.

Esto llevó a la conclusión de que la contraposición o la relación de complementariedad de los conceptos "forma" y "contenido" no eran suficientes para explicar el mecanismo tanto de la estabilidad como del desarrollo de los sistemas. Esto significa que la identificación de la estructura con la forma nos obligaría a establecer la tesis de que en ciertos casos la forma no sólo determina el contenido, sino que es el contenido mismo de ciertos fenómenos.

En este sentido estamos de acuerdo con Lévi-Strauss cuando observa que "la forma se define por su relación a un contenido que le es exterior, pero la estructura no tiene contenido: es el contenido mismo, aprehendido en una organización lógica concebida como propiedad de lo real".[165] Sería justo señalar que este problema ha sido estudiado con cierta profundidad por los filósofos marxistas. Por ejemplo, en la Unión Soviética se han publicado una serie de libros y artículos que analizan esta nueva correlación de las categorías o conceptos que surgen con la introducción de las categorías de "sistema" y "estructura". Entre otros, Zolkina: *Acerca del concepto estructura* (1959); Sviderski: *Sobre el reflejo en la dialéctica materialista de la correlación de los elementos y la estructura de los fenómenos* (1960); del mismo autor, *La dialéctica de los elementos y la estructura en el mundo objetivo y en el conocimiento* (1962); Narski: *El problema de la contradicción en la lógica dialéctica* (1969); Agudov: *Cantidad, calidad, estructura* (1967); y, del mismo autor, *Las categorías de forma y estructura* (1970).

La tendencia a identificar la "estructura" con el "contenido" lleva a la negación del papel activo y la función de los elementos en los sistemas y constituye, como procuraremos demostrar, el fundamento gnoseológico de la llamada filosofía estructuralista. El "estructuralismo" —y estamos definiendo con este término sólo a esa filosofía, no a la aplicación del método estructural en las ciencias— se basa en la primacía de las relaciones —la estructura— sobre los elementos, y convierte esta relación en un principio metodológico general. Se basa para ello en el papel real que desempeña la estructura en la lingüística y en la etnología, donde, dentro de ciertos límites, són las relaciones quienes determinan el carácter del sistema. Esta

idea, al generalizarse como principio metodológico, ha podido llevar a la afirmación de la existencia de ciertas estructuras generales subconscientes que determinan la acción o el funcionamiento de la conciencia del hombre, de la misma manera que en la melodía musical la relación entre los sonidos es una constante que determina los propios sonidos.

Sería bueno destacar mucho más este error metodológico de menospreciar la importancia de los *elementos* en el sistema, lo cual lleva lógicamente a rechazar de manera absoluta la posibilidad de usar los métodos reduccionistas, invalidando cualquier estudio que pretenda descomponer el todo en sus partes. Esto forma parte de toda una corriente general entre los científicos no marxistas que rechazan en bloque el método proveniente de la ciencia, tal como se practica en el siglo XX.

En cierto sentido, este estructuralismo filosófico que hemos analizado en páginas anteriores es una reacción contra el idealismo subjetivo, al que contrapone la existencia y el papel determinante de las estructuras objetivas, indiferentes con respecto al sujeto; pero también; con frecuencia, está dirigido contra la teoría marxista del conocimiento.

En algunos que se dicen marxistas, esta interpretación del papel de la estructura ha derivado en una interpretación antihumanista del hombre, que está en completa contradicción con el espíritu estrictamente humanista del marxismo.

El marxismo interpretado así, con un criterio estructuralista, o falsamente estructuralista, consideraría al hombre sólo como un elemento del sistema y, como tal, supeditado y determinado unilateralmente por el sistema de relaciones sociales, olvidando que el hombre y su esencia son el resultado de un largo proceso histórico, de una evolución del "elemento" —el hombre— y de la "estructura" —las relaciones sociales—. No se puede negar la importancia del desarrollo del individuo ni la relativa autonomía del desarrollo de la ideología en general; esto, naturalmente, en el marco general de las relaciones sociales.

Pero, regresando a nuestro tema, ha sido precisamente el desarrollo de las categorías *forma* y *contenido*, impulsado por el progreso de la ciencia, el que ha planteado la necesidad de introducir un nuevo concepto para expresar y reflejar la ley que determina la existencia y el desarrollo del todo como sistema; este concepto ha sido el de "estructura", que recoge o asimila una función muy importante del concepto forma-función que Hegel definió como *forma interna*, para diferenciarla

del concepto tradicional de forma, que en esencia podría definirse como *forma externa*. Estos dos conceptos no son dos aspectos de la forma. Pues la forma interna, según Hegel, corresponde más al contenido de los fenómenos, la esencia o la ley.

Por eso se puede afirmar que el concepto *forma interna* es una de las definiciones primarias del concepto estructura, una etapa de su génesis filosófica. En Hegel la forma interna es la contradicción, la oposición a la externa, el camino de tránsito de la forma en general al contenido, o mejor dicho, no de tránsito de la forma en general al contenido, sino de transformación.

Con el surgimiento del concepto "estructura" se establecen nuevos conceptos dialécticos y se da un importante paso hacia la eliminación de las dificultades que junto con el desarrollo de la ciencia se presentan en la interpretación clásica de forma y contenido. La "forma externa" se vinculará dialécticamente al concepto "contenido", y la "forma interna", o sea, "la estructura", con la composición; es decir, con el conjunto de los elementos y sus relaciones o vínculos.

A este respecto son muy interesantes una serie de observaciones que hace Agudov en su libro *Las categorías de forma y estructura*, relacionadas con el uso que los clásicos del marxismo hicieron de estos dos conceptos.

Todas estas consideraciones de tipo general las debemos tener presente a la hora de valorar el significado, el contenido y el alcance de los métodos científicos generales que surgen en el proceso de desarrollo de la ciencia.

Naturalmente, la *teoría de los sistemas* —el método sistémico— y el *método estructural*, al ser analizados con el fin de incorporarlos al sistema de métodos de la ciencia, exigen, desde este punto de vista, que se les preste una atención especial.

Pues, como ya hemos dicho, el surgimiento de *métodos* particulares fundamentados en los conceptos de "sistemas" y "estructura" tiene ya cierta historia, sobre todo en lo que se refiere a la utilización práctica de ciertos criterios que tenían presente el hecho de que determinados objetos de la realidad tenían características específicas determinadas por su organización como sistema, o por las particularidades de sus estructuras.

En un plano más bien descriptivo hemos señalado en cuáles ciencias, en qué forma y cuándo esto tuvo lugar, pero no hemos pretendido agotar el tema. No hemos hablado, por ejemplo, de la teoría del académico Vernadski sobre la bioesfera,

a principios de nuestro siglo; teoría que en el presente es parte integrante de la ecología, la que, con la toma de conciencia de la necesidad de aplicar medidas urgentes contra la destrucción del medio natural, tanto por contaminación del ambiente como por actos irresponsables en otras esferas, adquiere cada vez más un significado mayor, lo mismo en su orientación práctica como por los planteamientos teóricos relacionados con el estudio de los sistemas; no nos hemos referido a la concepción histórico-cultural de la psicología de L. Vigotski, que analiza lo psíquico como un sistema complejo, y busca establecer sus rasgos específicos partiendo del análisis de las formas sociales de su existencia y formación.

Estos ejemplos se podrían multiplicar. Sin embargo, queremos resaltar que lo característico en ellos es el análisis de los objetos como sistemas y no tanto la elaboración de una "teoría de los sistemas".

En los marcos de la ciencia contemporánea y, particularmente, de los enfoques sistémicos, el concepto de *estructura* ocupa un lugar específico que exige por parte de los investigadores una atención especial y un análisis lógico-metodológico detallado.

Esto se debe tanto a la utilización indiscriminada de este concepto en los diferentes tipos o niveles de lenguajes, desde el cotidiano y común al más específico de los artificiales y formalizados de las ciencias particulares, como a su uso por la filosofía y la lógica formal, uso que ha dado origen a esa "moda" de que hemos hablado y se resume en el término común de "estructuralismo".

Varias décadas de tal uso han creado una gran confusión y también falsas e infundadas esperanzas de que este concepto científico general pudiera convertirse en una llave que abriría al conocimiento humano algunas puertas que parecían bien cerradas, o que cedían sólo ante el empuje del análisis filosófico dialéctico materialista que muchos científicos no querían aceptar por prejuicios ideológicos o por ignorancia, para mencionar sólo la motivación más difundida.

Es necesario reiterar que hace varias décadas, al utilizarse este concepto, nadie o muy pocos se sentían obligados a definirlo con cierta rigurosidad, pues su contenido parecía intuitivamente evidente; sólo con el tiempo empezó a surgir cierta preocupación al descubrirse que esta evidencia no era tal, y que diferentes autores o diferentes ciencias entendían por estructura cosas sustancialmente distintas. Es cierto que du-

rante algún tiempo predominó el criterio de que este concepto no era más que una forma de expresión de conceptos más conocidos, tales como composición y forma. De aquí que en el plano lógico-formal se llegase a afirmar que estos tres conceptos coincidían de hecho. Esta identificación tenía cierta razón de ser cuando el concepto de estructura se utilizaba en su acepción más común —aquella que le atribuía el lenguaje cotidiano y el sentido común—, pero resultó inaceptable cuando dicho término fue utilizado en un sentido gnoseológico más profundo, como un concepto clave del enfoque sistémico o como fundamento de un nuevo método, el método del análisis estructural.

Es evidente que si el enfoque sistémico y el mal llamado estructuralismo son valorados desde el punto de vista de la acepción común del concepto estructura, esta valoración nos llevaría a conclusiones poco alentadoras.

Para el sentido común la estructura se define como la composición interna. En la filosofía marxista a veces este mismo criterio se expresa con definiciones más complejas, pero que en esencia no se diferencian de la del sentido común. Así se dice que estructura es el modo o ley de vinculación de los elementos —o de las partes— de un objeto íntegro. Esta es la posición que mantiene, por ejemplo, Sviderski: "Por elementos nosotros vamos a entender cualquier fenómeno o proceso con sus propiedades y relaciones, las cuales se encuentran en interrelación. El carácter, el modo, la ley de esta interrelación la denominaremos estructura."[166]

Tienen razón quienes al criticar esta definición señalan que en ella no se tiene presente el contenido que ha adquirido en la ciencia contemporánea el concepto de estructura. Esta definición es muy imprecisa y en ella el concepto de vínculo se confunde con el de relación. A veces se considera que la estructura son los vínculos y, otras, la ley que determinó tales vínculos, o sea, que se confunden o se tienen cosas diferentes como iguales.

Por otra parte, y esto es evidente no sólo desde el punto de vista de la dialéctica materialista sino desde el punto de vista de la ciencia en general, toda ley es en definitiva una ley de vinculación de ciertos elementos y, por tanto, es un lugar común la afirmación de que "toda ley es necesariamente una estructura".

En una palabra, el concepto científico general de *estructura*, que se utiliza en la ciencia contemporánea no coincide por su

contenido y características con el concepto de estructura utilizado en el lenguaje común e introducido en forma mecánica en algunas disciplinas científicas particulares, en la lógica formal y hasta en algunos trabajos filosóficos marxistas.

Es necesario subrayar una vez más que en su vieja acepción este concepto desempeñó un importante papel en la historia de la ciencia y que con él se reflejaba uno de los aspectos necesarios del proceso del conocimiento científico o de la actividad cognoscitiva que correspondía a la etapa analítica del desarrollo de la ciencia y esencialmente al nivel empírico del conocimiento.

Este proceso es el que va desde el establecimiento de las propiedades del objeto y el descubrimiento de su composición y organización, a la creación de las premisas de la síntesis dialéctica que exige el conocimiento del modo en que estos elementos o partes se vinculan entre sí. Esta comprensión de la *estructura* ha sido una constante de la ciencia. Desde este punto de vista, el *estructuralismo* y los métodos *estructurales* no serían más que nuevas denominaciones de teorías y métodos bien conocidos, es decir, un problema estrictamente terminológico sin un contenido *real*.

Hasta el momento hemos tratado el problema en un plano negativo, pues de hecho sólo hemos señalado algunos de los rasgos característicos de una definición del concepto estructura que nos parece deficiente, y que, sin embargo, se ha utilizado con mucha insistencia para negar el valor cognoscitivo del *concepto actual de estructura*, al afirmar que éste no ofrece nada nuevo. (Metodológicamente hay dos formas de negar lo nuevo: su rechazo como algo falso o su identificación con lo viejo.) Por esto estamos de acuerdo con el filósofo soviético Abramian cuando afirma que:

> Reducir el concepto científico de estructura a la composición interna, tal como se lo representa el pensamiento cotidiano, no sólo no es fructífero, sino pernicioso, pues oculta tras de sí la tendencia de excluir la posibilidad de descubrir aquello efectivamente nuevo que fue introducido en el concepto de estructura por el conocimiento científico contemporáneo y, en primer término, por el estructuralismo.[107]

Como ya hemos señalado, el concepto científico general de estructura expresa algo muy distinto a los conceptos de forma y forma interna.

En 1962, B. M. Kedrov definió la estructura como la intervinculación estable o relativamente constante de los objetos y fenómenos, él la denominó "inmóvil" y "petrificada". Más tarde Ovchinnikov llegó a una definición más depurada al denominarla "el aspecto invariante del sistema". Según Ovchinnikov, el concepto de estructura se debe considerar también como uno de los procedimientos de revelar un sistema con fines cognoscitivos.[168]

Si quisiéramos destacar lo común que es característico para cualquier investigación estructural, veremos que cualquier ciencia que estudia sistemas tiende a descubrir las invariantes específicas de estos sistemas, a pesar de que este término puede no ser utilizado. Estas invariantes adoptan las formas más diferentes y son las que habitualmente reciben el nombre de estructura del sistema. Al definir la estructura como el aspecto invariante del sistema, queremos con ello subrayar que el concepto de estructura expresa la estabilidad del sistema, su conservación *en todo* tipo de procesos internos y externos.[169]

Algunos han argumentado que esta definición de estructura tiene un carácter metafísico y está en contradicción con el enfoque dialéctico materialista de estos problemas y, en primer término, con el juego dialéctico entre forma y contenido. Pero esto a nuestro modo de ver no es así. El hecho de que en todo fenómeno en desarrollo o en todo sistema en proceso de transformación exista una invariante relativa, algo estable o, mejor dichó, relativamente estable, con respecto a ciertos cambios es la garantía o una de las premisas de todo desarrollo dialéctico, que diferencia a la dialéctica del relativismo metafísico. Por ello es errónea la afirmación frecuente de que la estructura es la expresión de lo *sincrónico,* que su localización es posible sólo en el corte momentáneo del sistema; eso es cierto sólo con respecto a algunos tipos de estructuras, las denominadas espaciales o casi espaciales, por ejemplo, la estructura del átomo, pero no para la estructura de una obra musical, la cual tiene evidentemente otro carácter. Ahora bien, tanto las estructuras sincrónicas como las diacrónicas expresan esa invariante de la que hemos hablado, su función no es la descripción del automovimiento sino de un aspecto de éste, que no se puede limitar a la relación dialécticamente contradictoria de forma y contenido.

El automovimiento —autodesarrollo— se describe con la relación dialécticamente contradictoria de forma y contenido.

Es por eso que la estructura debe ser considerada como uno

de los factores básicos que garantizan la *integridad* de los sistemas en el tiempo. Se dice que *la estructura es un conjunto de relaciones (invariantes) que garantiza la integridad de un sistema.*

La definición de Abramian es la siguiente: "La estructura es un sistema de relaciones relativamente estable entre los elementos de la totalidad que en uno u otro grado y en forma independiente, es decir, independientemente del sustrato y de la determinación particular de los elementos, condiciona la naturaleza de la totalidad."[170] La estructura así definida presenta dos tipos de interpretaciones o modificaciones: *la estructura formal y la estructura de contenido.*

La primera se define *como el sistema de relaciones puras entre los elementos de cierto sistema,* o sea, independientemente del carácter de los elementos y establecidas según ciertas reglas (las estructuras matemáticas —no todas— y los sistemas sintácticos de signos).

La segunda, *como el sistema de relaciones en el que el carácter del contenido desempeña un papel importante* y debe ser tenido en cuenta.

Las estructuras de contenido se dividen a su vez en: *estructuras abstractas* y *concretas.* La definición de estas estructuras tiene como punto de partida los criterios dialécticos y no lógico-formales de lo *abstracto* y lo *concreto.* Lo *abstracto* serán ciertos aspectos de la totalidad, aislados en el proceso del conocimiento y vistos en su existencia relativamente independiente. Lo *concreto* será la unidad de las múltiples definiciones logradas por el análisis de estos aspectos y sintetizadas en el pensamiento que reconstruye en forma teórica lo real concreto.

De aquí las definiciones:

> *La estructura abstracta es un sistema de relaciones entre los elementos de una totalidad orgánica, el cual, en forma relativamente independiente —de las demás posibles abstracciones— condiciona el carácter general de la totalidad y la estructura concreta,* la que a su vez será definida como el conjunto de la diversidad de relaciones entre los elementos de la totalidad, lo cual se examina como la unidad de la diversidad.

Esto significa que la estructura abstracta es una etapa en el proceso de definición de la estructura concreta, y ésta últi-

ma, una continuación o desarrollo de la primera, o sea, que existe en el plano gnoseológico una relación genética entre estos dos tipos de estructuras, relación que puede tener también un carácter histórico.

6. LA TOTALIDAD; EL TODO Y LA PARTE

Los conceptos de todo y parte, la totalidad, tienen una larga historia en el desarrollo de la filosofía.[171] Ya en la antigua Grecia, Aristóteles esbozó el famoso principio "el todo es mayor que la suma de las partes componentes".

Dentro de la etapa actual de desarrollo de la ciencia estas categorías filosóficas no se mantienen estereotipadas, sino que entran en relación con los nuevos conceptos y métodos científicos generales y, en particular, con el enfoque sistémico. Es en esta relación mutua de los conceptos científicos generales y categorías filosóficas en la que se produce una nueva precisión y comprensión de los conceptos de ambos niveles y el enriquecimiento del contenido, tanto de unos como de otros. En la concepción sistémica, por ejemplo, es aplicable el principio aristotélico ya citado; en ella se concibe el sistema no como un simple agregado, no como una simple suma de partes componentes, sino como un tipo de totalidad compleja e integral.[172] Es característico del enfoque sistémico que el sistema y su comprensión se opongan al estilo de pensamiento mecanicista que representa a la simple aditividad como la única forma de explicación posible de los objetos complejos. Más aún, no sería necesaria la metodología que implica la utilización de los conceptos sistémicos si las propiedades del todo coincidiesen con la suma de las propiedades de las partes componentes, es decir, es un tipo de relación entre las partes y el todo la que permite la concepción sistémica en que dichas relaciones se conciben como integrales y no como sumativas. En este sentido, los conceptos filosóficos de todo, parte y totalidad entran en el enfoque sistémico cobrando un contenido específico adecuado a determinadas tareas concretas de investigación y dentro del contexto de ellas.

No podemos decir, sin embargo, que la concepción sumativa o mecanicista de la totalidad no cumpla, aun reconociéndose que es anticuada, un rol metodológico importante incluso hoy, en el caso en que se trate de aspectos y propiedades de los objetos completamente nuevos. En estos casos en que el

investigador se enfrenta con propiedades desconocidas de los objetos, no teniendo de antemano otros métodos y enfoques para abordarlos, se justifica plenamente como paso inicial —tratándose de un objeto complejo— la comprensión sumativa de la estructura de dicho objeto. Podemos decir que esta concepción es un primer paso que se da dentro de la estrategia de la investigación científica, un paso táctico exploratorio si se quiere, un primer acercamiento al objeto que debe ser sucedido por la comprensión compleja del objeto de estudio, una vez logrado el primer objetivo de la investigación. Estancarse en dicho momento o absolutizarlo conduce al mecanicismo y, por ende, a una comprensión mutilada de la investigación científica y del proceso del conocimiento que se esfuerza por lograr una imagen más simple y cada vez más profunda de la esencia de los fenómenos.

Los conceptos de todo, parte y totalidad y su rol metodológico han sido interpretados de muy diversa manera en el contexto de la teoría general de los sistemas. Hay autores que señalan el parentesco entre los conceptos de "sistema" y "totalidad", así como los de "parte" y "elemento", y no hay duda acerca de esta relación, que a veces no es difícil señalar nítidamente. Sobre todo en la relación "parte-elemento" en la cual, de acuerdo con el nivel de análisis del sistema, se nos produce una conversión del uno en el otro. Son conceptos que no pueden contemplarse aisladamente, sino en su mutua relación y conversión, pero sin dejar de señalar también sus diferencias.

En cuanto a la semejanza entre estos conceptos, ambos, el de sistema y el de totalidad, expresan la concepción de vínculos internos de las partes componentes, de las propiedades integrales, como base de la unificación de las partes. La concepción de la totalidad requiere, al igual que la sistémica, el estudio multilateral de la diversidad de relaciones, lados, aspectos, vínculos entre las partes, las partes y el todo y el todo y el medio, por existir entre ambos un vínculo genético. Este vínculo genético entre los dos conceptos, el de totalidad y el de sistema, es tal que algunos autores, como, por ejemplo, V. I. Kremianski, sostienen que el enfoque sistémico histórica y lógicamente se desarrolla a partir de la concepción de totalidad.[173] Incluso otros autores consideran que los conceptos de todo y sistema son sinónimos, basándose para ello en que: "El concepto 'sistema' es utilizado solamente para designar aquellos objetos que poseen características integrales o tota-

les, siendo desde este punto de vista muy dudosa su utilización (en el sistema) para designar objetos tales como un montón de arena o de piedras." [174,175]

Al partir de estos puntos de vista, la concepción sistémica no agota la comprensión de la totalidad, aun siendo el enfoque sistémico el más adecuado para abordar los objetos que se caracterizan por sus propiedades integrales. De esta manera, el concepto de sistema sería más bien caracterizado por el concepto de totalidad, que frente a este último no tendría el grado de generalidad mayor; siendo el sistema un tipo de totalidad o un caso de la totalidad. Aunque el grado de totalidad sea distinto para diversos objetos sistémicos, el concepto de totalidad aparece junto con los de elementos, relación, vínculos, etcétera, como conceptos que forman la estructura básica de la definición de sistema. Aun en aquellas definiciones en que no se le menciona explícitamente, el sistema es concebido como una totalidad, como algo integral frente al medio que lo rodea, como una unidad de pluralidades. Esto sucede incluso cuando al sistema se le define mediante el concepto de conjunto. El conjunto se concibe también como una unidad de elementos cualesquiera en sus relaciones externas y como una pluralidad, cuando se estudian su composición y relaciones internas.

La generalidad de la categoría de totalidad se manifiesta por el rol gnoseológico que ella desempeña, su papel metodológico, mediante el cual se intenta abarcar y reflejar la plenitud de los objetos bajo estudio.[176] Es definida por I. V. Blauberg de la siguiente manera:

> La totalidad *(wholeness, die Genzheit, l'intégrité)*, es la concepción de la plenitud que abarca el fenómeno y, al mismo tiempo, la esencia de la integración, de los procesos de aparición de nuevas formas, de niveles estructurales, de la organización jerárquica de los procesos y fenómenos, etcétera, que existe en cada momento dado en el conocimiento filosófico y científico. Es el campo en el cual se elabora el conocimiento de los objetos integrales y que orienta la actividad cognoscitiva. Esta función cumple el concepto de totalidad por presentar una doble estructura que influye no sólo en el conocimiento actual, sino también en el potencial.[177]

De todo esto se desprende que el concepto de totalidad caracteriza al propio proceso del conocimiento mediante el cual se van develando gradualmente las propiedades de los objetos y fenómenos como unidad dialéctica de sus partes. Este proceso que comienza precisamente con la representación de un todo no dividido, pasa, más adelante en el análisis, a la división de dicho todo en partes, y concluye con la reconstrucción del objeto para volver nuevamente a dicho todo, relacionando las partes que fueron obtenidas en el análisis del mismo. La totalidad del objeto se nos aparece al principio como una "totalidad simple",[178] o "totalidad externa", al presentarse como algo separado, distinto en relación con los demás objetos.[179] El reconocimiento de esta totalidad no es el conocimiento de la totalidad; la totalidad simple del objeto es sólo un aspecto de éste, un rasgo develador de una totalidad más profunda, un índice inicial de su totalidad interna. Para que se nos revele el porqué de dicha totalidad es necesario descomponer el objeto en sus partes y determinar el rol que desempeñan dichas partes en la aparición de los rasgos integrales del todo que componen. Este enfoque se basa en que la totalidad se caracteriza por nuevas cualidades que no son inherentes a las partes por sí mismas o separadas, sino producto de su interacción dentro de un sistema de conexiones que existe entre ellas.

La comprensión del objeto de investigación como sistema está unida a la concepción de dicho objeto como totalidad. En la definición de sistema que nos ha parecido más lograda, la de L. Blumenfeld, se explicita que "el sistema interactúa con el mundo fuera de él como un todo". Una de las tareas que debe cumplir la concepción sistémica consiste en descubrir la base o causa de la conducta integral del sistema con respecto al medio, siendo necesario para llevarla a cabo estudiar en él la relación entre el todo y las partes del sistema. Esta tarea no es una tarea fácil y ha conducido a no pocos quebraderos de cabeza debido a la contradicción existente entre el todo y las partes. Dicha contradicción aparece como una de las paradojas del pensamiento sistémico y es formulada por Sadovski así:

> Conocer un sistema como totalidad es evidentemente imposible si no se puede ver en el interior del sistema, esto es, si no se analizan sus partes (...) —de ahí sigue la paradoja de la totalidad—. La solución de la tarea de

describir un sistema dado como cierta totalidad es sólo posible si se resuelve la tarea de la división total en partes del sistema dado, y la solución de la tarea de la división total del sistema en sus partes es posible solamente al resolver la tarea de describirlo como una totalidad.'[180]

Es imposible contemplar aisladamente el todo y las partes, ya que son conceptos que se autoimplican mutuamente, siendo la solución de dicha contradicción el logro de una unidad que se expresa a través de la totalidad del objeto. Las diferentes interpretaciones de la relación del todo y las partes ha conducido a la lucha de diversas teorías en la explicación de los fenómenos complejos, sobre todo en la biología. Para la biología éste constituye uno de los problemas filosóficos fundamentales que se ha plasmado en la propia historia de dicha ciencia.

Una de las contradicciones fundamentales del conocimiento biológico —escribe G. A. Iugai— es la inadecuada comprensión de la relación de las partes y el todo en los sistemas vivos. En la historia de la biología, y también en la etapa actual de su desarrollo, no hay otro problema metodológico que depierte mayor interés y una lucha más enconada de opiniones.

La contradicción antes mencionada se ha manifestado en la lucha entre el mecanicismo y el vitalismo (neovitalismo). Distintas corrientes y orientaciones en la biología actual absolutizan ya sea el rol de las partes o del todo —evolución emergentista, aganicismo—, en el desarrollo de los sistemas biológicos; son en esencia la manifestación de esa lucha.[181]

De esta manera se nos hace evidente la importancia de la concepción de la relación del todo y las partes cuando se trata del estudio de sistemas dinámico-complejos como son los biológicos y los sociales. Es por ello que la teoría general de los sistemas fue elaborada como búsqueda de la solución a esta relación contradictoria del todo y las partes en los sistemas en que ella se manifiesta de manera más aguda, o sea, en los organismos vivos. Al tratar de dar una solución a la explicación de los sistemas biológicos, el campo teórico se dividió en dos tendencias opuestas en cuanto a la interpretación de la relación del todo y las partes: el elementalista y el holista.

El elementalista, que procedía del análisis de las partes a la explicación del todo, y el holista, que ponía énfasis en el rol primario y dirigente del todo frente a las partes.

De acuerdo con ambas posiciones —elementalista y holista— podemos, marcando sus diferentes enfoques, resumir sus postulados en lo que hoy se conoce bajo el nombre de antinomias de la totalidad:

1. a) El todo es la suma de sus partes.
   b) El todo es mayor que la suma de sus partes.
2. a) Las partes preceden al todo.
   b) El todo precede a sus partes.
3. a) El todo es causalmente determinado por sus partes.
   b) El enfoque de la totalidad es opuesto al causal y lo desplaza.
4. a) El todo se conoce a través del conocimiento de sus partes.
   b) La parte es un producto de la división del todo y puede ser conocida sólo sobre la base del conocimiento del todo.

Estas antinomias conducen, tomadas cada una en su aislamiento, a un callejón sin salida.[182] De no ser por la comprensión del carácter dialéctico de la naturaleza, que en parte tiene lugar en el desarrollo de la ciencia actual a través del enfoque sistémico y en el enfoque multidisciplinario de los problemas complejos dichas antinomias quedarían sin solución.

En lo que respecta a la segunda antinomia, ya Hegel había señalado que ni el todo ni las partes podían ser consideradas unas fuera del otro, aseveración que de manera concreta confirman las ciencias actuales. La ciencia actual no cae en el mismo error antidialéctico de considerar sólo un lado o un aspecto de la contradicción y, en muchos casos, incluso descubre que a veces no se trata de una verdadera contradicción, sino una incorrecta formulación o planteamiento de los problemas.

El todo, si nos guiamos por la definición de I. V. Blauberg, "es un objeto concreto que posee propiedades integrativas. Desde el punto de vista gnoseológico la integridad aparece como resultado de la función generalizadora del concepto de

la totalidad unida a las particularidades de los objetos complejamente organizados",[183] es decir, un objeto en el cual se descubran propiedades integrativas. ¿Qué quiere decir esto? Esto quiere decir que lo que se representa ante el conocimiento es un objeto que, como tal, es una unidad, algo separado, discreto frente a los demás objetos. Cuando el conocimiento intenta profundizar en la explicación de esa entidad y de sus propiedades, que se nos presenta como una unidad frente a otras, presupone que dicha unidad es producto de otra unidad, de una unión de pluralidades. Estas pluralidades constituyen en su interacción la unidad del todo, y estas unidades que componen dicho todo son las partes.

Constatamos así el doble carácter de las unidades —las partes— que entran en el todo; éstas son unidades en sí y para el todo. Ellas crean la unidad del todo mediante su interacción a fuerza de perder su independencia. Esta relación puede llegar hasta el punto ideal extremo en que la parte como tal pierde totalmente sus grados de libertad dentro del todo al cual pertenece, formándose una continuidad con el todo. Al decir "punto ideal extremo" queremos significar que dicho punto, de ser alcanzado, se tornaría en su contrario, el todo dejaría de existir y no se podría hablar de partes, ya que éstas se habrían fundido en el todo. Para la existencia del todo es necesario que las partes se conserven dentro de determinados parámetros, no siendo deseable ni que una parte sea, en cuanto a sus propiedades, idéntica al todo ni que tenga tantos grados de libertad que pueda salirse fuera de los marcos de dicho todo.

La parte, generalmente, se entiende como cuerpo espacialmente aislado o dividido que se encuentra en la composición de otro cuerpo y que es un componente separable del mismo. En este caso el concepto de parte se utiliza más bien como determinación cuantitativa —geométrica o espacial— del objeto, haciendo abstracción de su aspecto cualitativo.[184] En otras palabras, algo que ofrece la posibilidad de diferenciarse cuantitativa y espacialmente (anatómicamente) del todo en que se encuentra si una parte tal está realmente delimitada dentro del todo y no separada en el análisis por el sujeto, se le denomina parte componente.

A diferencia de la parte, el elemento es un componente cualitativo específico. El elemento es siempre básico, primario. La parte como cantidad delimitada es en general divisible. Sin

traspasar el límite de la relación del todo y la parte no se puede obtener una parte que por sí sola no sea ella misma un todo. La parte así concebida es siempre potencialmente divisible, no así el elemento.[185] [186]

La confusión que se presenta no pocas veces entre los conceptos de parte y elemento se debe a que el análisis del elemento —relevante cualitativamente dentro de un sistema dado— conduce a su concepción como parte divisible, sin darse cuenta el investigador de que en dicho análisis el elemento ya se pierde como elemento para el nivel del sistema en que éste se encuentra y pasa a otro nivel. Justamente, señala Kremianski, ambos conceptos no se deben confundir:

> La "parte" es un término más general y más plurisignificativo que "elemento". Utilizamos el término "elemento" en el sentido de basamento relativamente indivisible (N. O. Ovchinnikov) que se estudia en un determinado nivel de análisis, o de los objetivamente divididos en calidad de individuos; y el término subsistema, en el sentido de parte realmente separada —a diferencia del "subconjunto" que puede incluir objetos tomados libremente y que realmente no están separados y que no están unidos entre sí—, relativamente grande y del mismo orden que el todo dado. Una parte, tal cual la hemos descrito, de un todo complejamente organizado, se contempla y existe también como sistema.[187]

El adherirnos a una determinada concepción del sistema en la cual éste se concibe como un tipo de totalidad y en cuyo seno se da una relación de todo y parte no sumativa, nos puede dar un índice de los límites de aplicación de la concepción sistémica.

Con los avances efectuados en la física del micromundo, la mayor parte de los investigadores consideran que ciertas concepciones, generalmente aceptadas acerca de la relación del todo y la parte, no son aplicables a las partículas elementales.

En particular se rompe la relación en la cual el todo se contempla como mayor que las partes e, incluso, en que las partes se encuentran separadas dentro del todo o como componentes de ese todo. Pierde su sentido el concepto de "dentro de"[188] y, por tanto, el de parte dentro de un todo; y, en sí misma, la aplicación de dichos conceptos al micromundo de las partículas elementales. Si se aplica el concepto de sistema a las

partículas elementales, con todas las implicaciones conceptuales que dicha aplicación lleva automáticamente a tomar, estamos tomando una posición frente a las expectaciones teóricas que sobre fenómenos desconocidos se esbozan en este campo, nos hacemos partidarios de unas teorías y rechazamos otras, cuando en realidad el criterio no debe partir apriorísticamente, sino del experimento.

7. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS

El problema de la ordenación y clasificación de los sistemas es uno de los más discutidos en el proceso de elaboración teórica de las ideas sistémicas. La clasificación es sin duda uno de los objetivos claves de toda metateoría sistémica.

Es evidente que la clasificación está supeditada a la solución de las cuestiones que hemos venido tratando hasta el momento, y, en primer término, a la solución del problema del contenido, interrelación y esfera de aplicación de los conceptos sistémicos fundamentales, así como de los criterios teóricos-metodológicos que caracterizan la aplicación del enfoque sistémico por los autores de las teorías sistémicas.

Es necesario señalar que no siempre tal clasificación se ha llevado a cabo con criterios teóricamente fundamentados. Ya hemos señalado que la difusión extensiva de las ideas sistémicas con frecuencia ha tenido lugar de una forma intuitiva y espontánea y, a veces, hasta arbitraria. Para salvar esta espontaneidad en los marcos de la teoría sistémica, se ha prestado especial atención a la elaboración de principios teóricos que permiten establecer una clasificación o tipología de los sistemas que limite la posibilidad de soluciones arbitrarias, unilaterales y deficientes.

El análisis de los caminos seguidos en las clasificaciones parciales logradas en el proceso de aplicación de las ideas sistémicas en diferentes ramas del saber y la acción práctica, nos descubre una amplia gama de criterios clasificatorios que es necesario tener presente en el proceso de elaboración de los principios metodológicos generales de la clasificación de los sistemas, en los marcos de una posible metateoría sistémica

La visión panorámica de la aplicación del enfoque sistémico en las ciencias particulares nos muestra que éstas, según el carácter de su objeto y el grado de desarrollo teórico, se han

basado en una tipología de los sistemas que de por sí puede ser el fundamento de una clasificación empírica.

Dentro de esta tipología, hasta el momento se han destacado cinco modelos básicos, ninguno de los cuales se puede aceptar como universal.

1. El *sistema microscópico*, que se basa en su comprensión intuitiva como *conjunto* y que recurre por tanto al aparato formal de la teoría de los conjuntos. Este tipo de sistema se interpreta también como una multiplicidad de magnitudes observables y medibles.

Los conceptos básicos de este modelo son el concepto de "elemento" en el sentido de la vieja atomística, el concepto de "estructura", que es examinado como el factor invariante del sistema, o como el conjunto de vínculos, o como la característica topológica que fija la posición de los elementos y los vínculos en el sistema.

2. El *sistema funcional*, la interpretación del sistema como un conjunto de *acciones* u operaciones (funciones) encaminadas al logro de un determinado objetivo.

En este sentido los elementos ofrecen una doble función: la encaminada a lograr los objetivos del sistema y la que entorpece la realización de esos objetivos. El concepto de estructura se transforma o modifica aquí en *estructura funcional*, que a veces se denomina organización.

3. El *macrosistema*, que se caracteriza esencialmente por las peculiaridades de la *totalidad* a la que se contrapone el denominado *medio sistémico* —o sea, los alrededores del sistema—. Como ejemplo clásico, se cita la relación *organismo y medio ambiente*. El *medio sistémico* se define como "todas aquellas variables que al cambiar cambian el sistema", o como "el conjunto de los objetos, cuyo cambio de propiedades ejerce cierta influencia en el sistema", o como "aquella realidad que se describe en el lenguaje de una teoría determinada y en cuyos marcos se examina un sistema de determinado tipo".

4. El *sistema jerárquico*, sistema en el que la médula la constituye una ordenación jerárquica. Los conceptos básicos de este tipo de sistema son: subsistema, unidad, unidad límite, nivel de jerarquía, nivel de análisis.

En este tipo de sistema jerárquico ninguno de los subsistemas puede ser descompuesto en elementos, a excepción de la unidad límite.

El ejemplo más evidente es la sociedad, en la que a la suma de los individuos elementos sólo es posible llegar después de haber descendido por la jerarquía clase, comunidad, grupo formal, grupo informal, etcétera.

5. El *sistema procesual,* que se caracteriza por una secuencia temporal de diferentes estados. Los conceptos básicos: *período de vida,* el intervalo temporal durante el cual dicho sistema existe, y *vínculos de tránsito,* lo que une los diferentes niveles en cierta totalidad o integridad sistémica.

Naturalmente, estos cinco tipos rara vez se presentan en su forma pura, pues son más frecuentes sus múltiples combinaciones, condicionadas por una gran diversidad de vínculos *intersistémicos.*

Por otro lado, existe una opinión muy divulgada entre los investigadores no especialistas en teorías sistémicas, de que la clasificación de los sistemas debe basarse, no en las propiedades inmanentes de éstos, sino en las características de la propia organización jerárquica del mundo material, es decir, en los denominados niveles del mundo objetivo. Éstos serían los siguientes:

1. Partículas elementales.
2. Átomos.
3. Moléculas.
4. Macrocuerpos (incluidos los organismos).
5. Sistemas de macrocuerpos (incluidos los sistemas biológicos y sociales).
6. Los cuerpos cósmicos.
7. Sistemas de cuerpos cósmicos.
8. Galaxias.
9. La metagalaxia.

Es evidente que esta jerarquía en los niveles de organización del mundo material no puede ser ignorada en el proceso de elaboración de una clasificación de los sistemas. No obstante, el criterio ontológico que la caracteriza no aporta elementos heurísticos nuevos que permitan una visión específicamente

sistémica en estos niveles. Por otro lado, esta clasificación pasa por alto algunas de las características básicas del enfoque sistémico, que deben estar presentes en toda clasificación. Por esto, aun en los marcos de los criterios ontológicos, se ha buscado la forma de superar estas limitaciones.

Tal es la clasificación que establece dos tipos básicos de sistemas, que a su vez se subdividen en tres subtipos:

I	II
SISTEMAS MATERIALES	SISTEMAS IDEALES
a) *Físico-químicos*	a) *Mayores:* la concepción del mundo
b) *Biológicos*	
c) *Sociales*	b) *Medios:* las teorías sobre los diferentes fenómenos
	c) *Pequeños:* la conciencia individual o de grupos

La idea de que los niveles de organización deben constituir el fundamento de la clasificación de los sistemas se formula y desarrolla en el libro *Los problemas de la sistemología,* cuyos autores, apoyándose en dos propiedades sistémicas —el grado de complejidad y la capacidad de autorreflejo— proponen el siguiente esquema clasificatorio:

El valor de esta clasificación, según sus autores, consiste en que la agrupación de sistemas con características similares, desde el punto de vista de los criterios sistémicos que la alientan, permite la elaboración de una metodología común para su investigación.

Como es bien conocido, un número considerable de especialistas dedicados a los problemas teóricos del enfoque sistémico se han basado para sus clasificaciones en la división de los sistemas en dos tipos básicos: los sistemas abiertos y los cerrados.

La clasificación propuesta en el libro *Problemas de la sistemología* se refiere sólo a los sistemas abiertos, y éste es un factor limitante que la hace inaceptable como clasificación general.

La idea de que la clasificación se debe basar en la existencia de los dos tipos básicos de sistemas fue fundamentada por L. V. Bertalanffy en su *Biología teórica,* en la tercera década de este siglo. Más tarde, como complemento y desarrollo de este criterio, G. J. Klir propuso tres clases de sistemas: los absolutamente cerrados, los relativamente cerrados y los abiertos.

Esta clasificación se basa en la relación existente entre los sistemas y medio que los rodea.

Es necesario tener presente que el concepto de *sistema cerrado* formulado por Bertalanffy, en esencia se refería a los sistemas semicerrados, ya que, según él mismo se vio obligado a reconocer, en el sistema cerrado tenía lugar —era posible— un intercambio de energía. Ya en sí, la definición de este tipo de sistema, propuesta por Bertalanffy, mostraba el carácter relativo del término "cerrado" por él empleado, y se refería sólo al intercambio de sustancia.

Esta incertidumbre en la definición planteó la necesidad de precisar el contenido de los conceptos "abierto" y "cerrado" en función de la interrelación del sistema con el medio. Fue entonces cuando se descubrió que la absolutización de ambos términos no tenía razón de ser, pues, por un lado, la existencia de un sistema que no recibe ni ejerce ninguna influencia en el medio externo tiene un carácter problemático, lo mismo que la existencia de un sistema capaz de captar todo tipo de influencia externa no se puede considerar demostrada. Todo esto significa que en el plano *ontológico* tales sistemas no existen, y toda clasificación basada en estos criterios será deficiente, incompleta.

Ahora bien, en el plano gnoseológico-metodológico una clasificación basada en una tipología de los sistemas según la interacción de éstos con el medio tiene, sin dudas, cierto valor teórico, pese a que los casos extremos de ésta tengan un significado hipotético.

Un ejemplo interesante de tal clasificación lo encontramos en el libro de V. N. Sadovski *La fundamentación de la teoría general de los sistemas,* en el que se plantea lo siguiente:

Si designamos el sistema como S y el medio como O, entonces podemos establecer los siguientes tipos de relaciones: $O — S$ (influencia del medio sobre el sistema), $S — O$ (influencia del sistema sobre el medio), $S — S$ (influencia del sistema sobre sí mismo), $O — O$ (influencia del medio sobre sí mismo).[189]

Si examinamos las posibles combinaciones de estas relaciones básicas tendremos el siguiente cuadro clasificatorio, en el que las cifras *0* y *1* indican la existencia o inexistencia de uno u otro tipo de relación.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
O—S	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
S—O	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
S—S	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1
O—O	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0

Los resultados de esta clasificación no son tan triviales como puede parecer a primera vista. En ella están presentes todos los posibles tipos de sistemas basados en la relación binaria sistema-medio. En efecto, las columnas 1-6 serían el caso hipotético de la clasificación tradicional, las columnas 1-4 y 13-16 nos mostrarán la posibilidad de cierta diferenciación interna en los marcos de la tipología básica; y las columnas 5-12, una amplia variedad de sistemas. Es necesario señalar que esta clasificación puede ser considerablemente ampliada con el establecimiento de significados intermedios entre 0 y 1 para designar formalmente las diferentes propiedades que caracterizan la relatividad del carácter abierto o cerrado de los sistemas.

Un camino diferente en la clasificación de los sistemas siguen los partidarios de la teoría de los *parámetros sistémicos*, la que considera que el concepto de sistema es un concepto formal que descubre su contenido por medio de la relación de tres conceptos —categorías— también formales: "cosas", "propiedad", y "relación".[19] En la investigación sistémica, según uno de los partidarios más conocidos de las teorías paramétricas, A. I. Uemov, primero se establece la propiedad *P*, luego la relación *R* que posee dicha propiedad, y después de esto se busca el conjunto de elementos *M* que tiene la propiedad *P*.

En este contexto los parámetros sistémicos serán aquellas características de los sistemas que pueden constituir el fundamento de la división del volumen del concepto "sistema" en clases que: a) no se cruzan; b) en su conjunto abarcan

toda la extensión del concepto "sistema" en los marcos de las propiedades y relaciones establecidas para dicho sistema; c) estas clases pueden ser determinadas no sólo por medio de su extracción de las clases ya existentes, sino en forma positiva, es decir, en el análisis del contenido de un determinado concepto.

Es cierto que el establecimiento de los parámetros sistémicos y la aplicación de la concepción paramétrica del enfoque sistémico dependen básicamente del criterio aceptado para la definición del concepto "sistema".

La clasificación paramétrica de los sistemas que propone A. I. Uemov, toma como punto de partida la siguiente definición: "Denominamos sistema a cualquier conjunto de objetos *M*, en los que se realiza la relación *R*, que tiene las propiedades *P*, establecidas previamente. El conjunto *M* se puede identificar con el sustrato; la relación *R*, con la estructura; y la propiedad *P*, con el concepto de sistema."[191]

Según este autor, la definición por él propuesta —por cierto similar a la de muchos otros investigadores— presenta dos particularidades estrechamente vinculadas: 1) su universalidad (todo conjunto puede ser analizado como un sistema desde el momentto en que se logra establecer la relación sistemo-formadora *R);* 2) su carácter relativo (lo que ante un tipo de relación se considera un sistema que puede no serlo si se toma como punto de partida otro tipo de relación).

Partiendo de estas premisas iniciales, Uemov afirma que existe la posibilidad de reducir todas las definiciones del concepto "sistema" en dos conjuntos —tipos—:

1) Aquel tipo para el cual no se establece ninguna limitación a las relaciones que caracterizan el conjunto *M*, y su fórmula sería: $(M)\ S \rightleftarrows R\ (M)$.

2) Aquel tipo para el cual se establece una determinada limitación y la relación *R*. (Tal es la posición, según Uemov, de Bertalanffy, Ackoff, Sadovski, Tiujtin, Urmantzev y otros.) En este caso la fórmula sería $(M)\ S \rightleftarrows [R\ (M)]\ P^{*}$, donde P^{*} sería la propiedad específicamente señalada como la formadora del sistema.

Según Uemov, todo sistema que se acomode a estos criterios puede ser objeto de la siguiente clasificación:

Hasta aquí hemos dado sólo algunas de las tantas clasificaciones posibles. Podrían ofrecerse muchas más, ya que de continuo nos encontramos con obras en las que sus autores creen concebir otras mejores y que cubren los más diversos aspectos. A juicio nuestro, las que hemos ofrecido son las clasificaciones más completas. El ofrecer otras menos comprensivas nos enfrentaría a una tarea de recopilación extensa que rebasaría las metas del presente trabajo: dar una visión general de algunos de los problemas y logros del enfoque sistemo-estructural, cubriendo sus aspectos más relevantes en la actualidad.

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS SEGÚN LOS

Por las relaciones en M	*Por las relaciones* M-M *y* R-R	*Por las relaciones de* R *con el sustrato* M	*Por la relación de la propiedad* P *con la relación* R
Articulados y no articulados	Regenerativos y no regenerativos	Elementales y no elementales	Primarios y secundarios
Elementales no atómicos y no elementales atómicos		Inmanentes y no inmanentes	
		Íntegramente confiables y no íntegramente confiables	
		Mediatizados y no mediatizados	

PARÁMETROS SISTÉMICOS

Por el carácter de la relación ternaria M P R	*Por las propiedades de la relación* R *con respecto al sustrato* M	*Según las propiedades de* R *independientemente del sustrato* M
Estables y no estables	Homogéneos y heterogéneos	Estructuro - puntuales
Fuertes y débiles	Perfectos e imperfectos	Estructuro-lineales
	Mínimos y no mínimos	Estructuro-polidimensionales
	Ordenados y no ordenados	
	Estacionarios y no estacionarios	
	Cíclicos y no cíclicos	
	Centralizados y no centralizados	
	Encadenados y no encadenados	
	Determinantes y no determinantes	
	De un nivel y de múltiples niveles	
	Internos y externos	
	Parciales y completos	

NOTAS

[1] Respondiendo a una encuesta de la UNESCO sobre la relación entre las ciencias naturales y las sociales, Claude Lévi-Strauss escribe en su artículo "Criterios científicos en las disciplinas sociales y humanas": "El autor del presente artículo ha consagrado toda su vida a la práctica de las ciencias sociales y humanas. Pero no se siente en manera alguna molesto por tener que reconocer que entre éstas y las ciencias exactas y naturales no se podría establecer ninguna verdadera paridad: estas últimas son ciencias y las primeras no lo son. Si se les designa de todos modos con el mismo término, es sólo en virtud de una ficción semántica y una esperanza filosófica que todavía no ha encontrado confirmación." (Lévi-Strauss: *Arte, lenguaje, etnología*. La Habana, pp. 153-154, 1970.)

Según estos criterios, el único camino para transformar las ciencias sociales en verdaderas ciencias consiste en lograr la aplicación consecuente en éstas del método estructural, gracias al cual toda ciencia social alcanzará lo ya logrado en la lingüística: a) Un objeto universal —el lenguaje articulado—; b) un método homogéneo, aplicable a todo tipo de sociedad; c) unos principios metodológicos fundamentales reconocidos por todos los especialistas.

Los éxitos logrados en la formalización y matematización de las ciencias naturales y el surgimiento de la cibernética y las investigaciones concretas realizadas en la lingüística y la antropología con el método estructural, más el resultado positivo logrado en ellas, fue considerado por muchos como el inicio de una nueva etapa en el desarrollo de las ciencias en general, y muy especialmente en las ciencias sociales, como una confirmación de que se había encontrado un método universal para estas ciencias y que la tarea consistía ahora en que cada uno encontrara *su estructura* —dicho alegóricamente su "fonología" o "sus sistemas de parentesco"— como ya lo había hecho la lingüística y la antropología.

[2] Sobre este período del desarrollo de la ciencia, Vedenov y Sachkov escriben: "El desarrollo de la mecánica de Newton y el desarrollo posterior de la física clásica ejercieron gran influencia en el desarrollo de la concepción del mundo de la ciencia, en la elaboración de las representaciones científicas sobre la organización estructural de la materia y la naturaleza del conocimiento. En el plano histórico, el esquema de determinación rígida fue absolutizado. Esta

concepción filosófica recibió el nombre de determinismo laplaciano (clásico, mecanicista). Ella fundamentaba la mecánica y su expansión a nuevas esferas del saber. Los grandes éxitos de las ciencias naturales clásicas fueron también el triunfo de la concepción del mundo mecanicista. Lagrange calificó a Newton no sólo el más grande, sino el más feliz de los genios. El sistema del Universo se puede establecer sólo una vez." (M. F. Vedenov e I. V. Sachkov: *El problema de los estilos de pensamiento en las ciencias naturales*. Moscú, 1971, p. 9.)

[3] "La estructura interna de las teorías estadísticas —en comparación con las teorías basadas en el principio de determinación rígida— tiene un carácter más general, un contenido más amplio, y se caracteriza por un número mayor de posibilidades internas en el reflejo de las propiedades y leyes de los fenómenos materiales.

"La existencia de niveles dentro de los sistemas teóricos hace que las estructuras estadístico-probabilísticas tengan un carácter más dúctil. La ductibilidad estructural de los sistemas teóricos refleja en forma óptima las transformaciones en la lógica de la construcción de los sistemas teóricos. Suprimamos esta ductibilidad entre los niveles y arribaremos otra vez a las estructuras de determinación rígida." I. V. Sachkov: "El problema de los estilos de pensamiento en las ciencias naturales". En *La filosofía y las ciencias naturales*. Moscú, 1974, p. 74.

[4] Sobre las tareas y dificultades que en el plano metodológico afronta la generalización de los nuevos métodos, y en particular del método sistémico, se discutió ampliamente en la Segunda Conferencia acerca de los Problemas de las Ciencias Naturales, que tuvo lugar en Moscú del 1º al 4 de diciembre de 1970. Entre los informes presentados, el del conocido fisiólogo soviético, académico Piotr Anojin, ofrece un interés especial, no sólo por el tema que aborda: "Los aspectos fisiológicos de la teoría del sistema funcional", sino por la forma clara y precisa en que en dicho trabajo se plantean los problemas discutidos.

Según Anojin, los científicos que trabajan en las más diversas ramas de la ciencia, observan y estudian con gran interés las posibilidades del pensamiento sistémico, que posiblemente permitirá comprender aquello que no se ha logrado explicar mediante el método analítico, definido por el académico V. A. Enguelgardt como "el método de acumulación reductiva". He aquí algunas de las ideas formuladas entonces por Anojin: "De esta manera, la búsqueda de la clave que permite unir el nivel de integridad y el nivel analítico de obtención de los detalles se ha convertido en el problema cardinal, que aún existe no sólo en el plano de la concepción del mundo, sino que tiene un marcado carácter práctico (...). Y, aunque la tendencia de vincular el nivel integrativo con el nivel particular, o sea, con el nivel de los resultados de las investigaciones analíticas, se ha reforzado en gran medida, la actitud hacia este fenómeno debe ser crítica, pues se debe señalar que todo este movimiento científico no posee por el momento una lógica rigurosa, lo cual es imprescindible para unir

estos dos niveles de la investigación." (*Voprosi Filosofii* Nº 3, 1971, p. 56.)

Esta falta de lógica rigurosa en la determinación "de lo que se busca y para qué se busca", según Anojin, ha llevado a una serie de investigadores a callejones sin salida. Por eso es necesario establecer "para qué buscamos una formulación de lo que denominamos sistema, que pueda ser aceptada por muchos". Pero la necesidad urgente de rellenar la zanja que separa los dos niveles, según Anojin, no se puede lograr sólo con palabras ni con definiciones. El sistema puede ser útil sólo cuando es un instrumento cotidiano de investigación, es decir, un instrumento que ayuda al investigador a plantear los problemas en forma más amplia y explicar el material obtenido por procedimientos analíticos de cualquier índole. Por ello, según Anojin, eliminar la zanja que separa estos niveles significa formular un principio para el trabajo que, por una parte, pertenezca a la esfera de la integridad y que, por otra, esté situado en la analítica. La concepción de sistema funcional, afirmaba entonces Anojin, es para nosotros precisamente este principio.

[5] Ver el capítulo II del presente trabajo.

[6] El análisis dialéctico materialista del enfoque sistémico, su sistema conceptual y métodos han demostrado que cumplen en el proceso del conocimiento científico las siguientes funciones básicas: a) permiten y justifican, en el plano gnoseológico, la formalización y la matematización del saber; b) colaboran en la elaboración de los métodos o procedimientos que permiten —evitando el reduccionismo— la aplicación de los resultados y métodos de una ciencia a otra; c) desempeñan un importante papel en el proceso de integración del saber, como uno de los factores básicos de la síntesis de la ciencia y uno de los elementos más eficaces en el desarrollo de los estudios e investigaciones interdisciplinarias; d) además de lo indicado, el análisis filosófico de los conceptos científicos generales muestra que éstos se pueden agrupar, según sus funciones cognoscitivas, en dos grandes grupos: aquellos conceptos que reflejan simultáneamente, o en el mismo grado, las propiedades reales de los objetos y las propiedades del conocimiento, y aquellos conceptos que reflejan sólo propiedades del conocimiento científico, por ejemplo, signo, significación, modelo, formalización, etcétera.

[7] L. N. Suvorov: *Introducción a la filosofía marxista-leninista.* Moscú, 1969; V. S. Tiujtin: *Reflejo, sistema, cibernética;* I. B. Novik: *Problemas filosóficos de la modelación de la psique.* Moscú, 1969; A. N. Averianov: *Sistema: categoría filosófica y realidad.* Moscú, 1976.

[8] Refiriéndose a este fenómeno, V. S. Gott y A. D. Ursul plantearon, en 1974, que una tarea importante para la filosofía marxista era la necesidad de estudiar detenidamente el proceso de transformación de los conceptos científicos generales en filosóficos, y elaborar los criterios objetivos que permitirían establecer que tal transformación ha tenido lugar. Dichos autores señalaron entonces que la transformación de los conceptos científicos generales en categorías filosóficas debía responder a ciertas condiciones y, en primer término, a

las exigencias que se imponen al conocimiento filosófico, el cual rechaza la ontologización de sus categorías. Cualquier categoría universal de la filosofía, afirman, es ontológica, pues fija las propiedades universales del ser; y gnoseológica, ya que dirige y orienta el pensamiento hacia una acumulación del saber y hacia la ordenación del ya adquirido anteriormente, o sea, expresa la unidad, la inseparabilidad de los aspectos ontológicos y gnoseológicos de la dialéctica materialista.

Esta misma idea había sido subrayada, en 1972, por M. M. Rozental, en un artículo publicado en esta misma revista. Según este autor el criterio fundamental que permite diferenciar las categorías filosóficas de "los conceptos generales" de las ciencias —Rosental no utiliza aún el término "conceptos científicos generales"— es el principio de la unidad de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento, que demuestra que las categorías filosóficas no sólo tienen un carácter científico general, sino gnoseológico, en el sentido más amplio de la palabra, y también lógico.

"En esto —escribe— radica su particularidad decisiva en comparación con las categorías y los conceptos de las ciencias especiales. es esto lo que proporciona a las categorías filosóficas un significado metodológico universal y las convierte en punto de apoyo de todo conocimiento". (M. M. Rosental: "Sobre el carácter del desarrollo de las categorías filosóficas". En *El comunista* Nº 13, 1972, p.115.)

[9] H. Rombach: *Substanz, System, Struktur*. Munich, 1966.

[10] Z. V. Kaganova: "La idea del sistema de la naturaleza en la filosofía de P. Holbach". En *Voprosi Filosofii* Nº 1, 1975.

[11] *Ibid.*, p. 135.

[12] I. Kant: *Obras completas*, t. III. Moscú, 1964, p. 680.

[13] *Ibid.*, p. 80.

[14] *Ibid.*, p. 100.

[15] E. V. Ilienkov: *Lógica dialéctica*. Moscú, 1976, pp. 82-83. (Ed. en ruso; la versión en español de esta obra fue editada por la Ed. Progreso y próximamente aparecerá por la Editorial de Ciencias Sociales.)

[16] Ver J. G. Fichte: *Una exposición clara como el Sol*. Moscú, 1931, p. 103.

[17] R. Carnap puede citarse como un ejemplo elocuente de esa continuidad, pues repite, casi textualmente, estas ideas.

[18] Texto publicado en la revista *Voprosi Filosofii* Nº 5, 1974, p. 127. Por la declaración que antes citábamos se puede ver que Fichte no aceptó este ofrecimiento y siguió por un camino diferente. Kant lo describe así: "En lo que a la metafísica se refiere, elaborada según los principios de Fichte, quiero decir que yo no he querido participar en ello, y tanto es así que le recomendé en una carta que, en

lugar de estériles especulaciones, desarrollase sus grandes dotes de expositor, las que debería emplear en la crítica de la razón pura. Pero él, amablemente, rechazó mi proposición afirmando que 'no hubiese querido perder de vista lo escolástico'." (Ver *Voprosi Filosofii* Nº 5, 1976, p. 133.)

[19] T. I. Oizerman: "La doctrina de Kant sobre la 'cosa en sí' y los noúmenos". En *Voprosi Filosofii* Nº 4, 1974, p. 128.

[20] J. G. F. Hegel: *Obras completas*, t. I. Moscú-Leningrado, 1929, p. 31.

[21] *Ibid.*, t. VI. Moscú, 1939, p. 269.

[22] J. G. F. Hegel: *Fenomenología del espíritu*. La Habana, 1972, p. 16.

[23] *La filosofía de Hegel y la actualidad*. Moscú, 1973, p. 106.

[24] V. I. Lenin: *Obras completas*, t. XXXVIII. La Habana, 1964, pp. 85-95.

[25] J. G. F. Hegel: *Fenomenología del espíritu*. Ed. cit., p. 9.

[26] *Ibid.*

[27] J. G. F. Hegel: *Obras completas*, t. II. Moscú-Leningrado, 1934, p. 28.

[28] T. I. Oizerman: "Sobre la comprensión marxista y positivista del sistema filosófico". En *Voprosi Filosofii* Nº 7, p. 70.

[29] G. J. Shingarov: "El sistema de Hegel y el problema del saber científico". En *Análisis del saber científico*. Moscú, 1970.

[30] V. I. Lenin: *Obras completas*, t. XXXVIII. Ed. cit., p. 229.

[31] A este respecto merece la pena recordar, aunque sólo sea como anécdota, un párrafo de Bertholt Brecht que indica el océano de cosas por indagar que contiene la obra de este gran filósofo. Según Brecht, *La ciencia de la lógica* es una de las más grandes obras de la literatura humorística mundial. "En ella se trata sobre el modo de vida de los conceptos, sobre estos seres tan ambiguos, inestables, irresponsables, que eternamente están regañando y siempre están en litigio, pero por la tarde, como si no hubiese pasado nada, se sientan a cenar en una misma mesa (...). La ironía oculta en cada objeto es lo que él denomina dialéctica. Como todos los grandes humanistas, él nos presenta todo esto con una seriedad aplastante." (B. Brecht: *Teatro, obras, artículos y declaraciones*, t. VI. Moscú, 1969, p. 61.)

[32] F. Engels: *Anti-Dühring*. La Habana, 1975, p. 451.

[33] *Ibid.*, pp. 33-34.

[34] *Ibid.*, p. 34.

[35] *Ibid.*, pp. 34-35.

[36] *Ibid.*, p. 50.

[37] C. Marx y F. Engels: *Obras completas*, t. XXVI, 2a. Ed. Moscú, 1955-1967, p. 118.

[38] *Ibíd.*, t. XLVI, p. 229.

[39] L. Contuzant: *La logique de Leibniz d'après des documents inédits.* París, 1901, pp. 317-318.

[40] N. I. Stiashkin: *La formación de la lógica matemática,* Moscú, 1967, p. 318.

[41] N. Mouloud: "Las estructuras". En *La recherche et le savoir.* París, 1968.

[42] M. Spivak: *Cálculo infinitesimal,* t. II, La Habana, 1971, p. 717.

[43] N. Bourbaki: *Ensayos de historia de la matemática.* Moscú, 1963.

[44] *Ibíd.*, p. 296.

[45] N. Mouloud, *op. cit.*, p. 30.

[46] *Ibíd.*, p. 31.

[47] C. Marx y F. Engels: *Obras completas,* t. XX, p. 37.

[48] *Ibíd.*

[49] R. Ehrenberg: *Theoretische Biologie.* Berlín, 1928.

[50] L. V. Bertalanffy: *Theoretische Biologie.* Berlín, 1932.

[51] E. S. Baner: *Biología teórica.* Moscú-Leningrado, 1935.

[52] Ver, por ejemplo N. P. Depenchuk: *La dialéctica materialista y los métodos de la investigación biológica.* Moscú, 1973.

[53] *Ibíd.*, pp. 50-51.

[54] L. V. Bertalanffy: "La teoría general de los sistemas, visión de sus problemas y resultados". En *Investigaciones sistémicas.* Moscú, 1939, pp. 36-37.

[55] I. I. Frolov: *La filosofía y la biología contemporánea.* Moscú, 1973, p. 129.

[56] I. I. Shmalgausen: *Los factores de la evolución.* Moscú, 1968, pp. 352-353.

[57] N. V. Timofeev-Resovski: "Los niveles estructurales de los sistemas biológicos". En *Investigaciones sistémicas.* Moscú, 1970, p. 81.

[58] M. Mesarovich: La teoría de los sistemas y la biología: el punto de vista de un teórico". En *Investigaciones sistémicas.* Moscú, 1970, p. 137.

[59] A. A. Malinovski: "La teoría de las estructuras y su lugar en el enfoque sistémico". En *Investigaciones sistémicas.* Moscú, 1970, p. 21.

[60] *Ibíd.*, p. 12.

[61] Pudiera decirse que el año 1968 marca una etapa en la generalización teórica marxista de los problemas del enfoque sistémico en

la biología; es, además, un punto de partida para el desarrollo más profundo de las ideas sistémicas, tanto en esta ciencia como en un plano más amplio: el nivel científico general.

En 1968 tuvieron lugar en la Unión Soviética dos importantes eventos, en los que con gran amplitud y profundidad científica se planteó, desde posiciones dialéctico-materialistas, el problema del enfoque sistémico en la biología. Nos referimos a la Conferencia sobre los Niveles Estructurales en los Biosistemas; y al encuentro-discusión organizado por el Instituto de Historia de las Ciencias Naturales y la Técnica sobre el tema "El enfoque sistémico de la biología contemporánea". Los materiales de la Conferencia fueron publicados en el libro *El desarrollo de las concepciones de los niveles estructurales en la biología.* Moscú, 1972; y el texto de la mencionada discusión está publicado en el anuario *Investigaciones sistémicas*, Moscú, 1970.

[2] A. A. Malinovski: *op. cit.*, pp. 21-22.

[3] *El desarrollo de las concepciones de los niveles estructurales en la biología.* Moscú, 1972, p. 37.

[4] *Ibíd.*

[5] *Investigaciones sistémicas.* Moscú, 1970, pp. 132-133.

[6] *Ibíd.*, p. 101.

[7] *Ibíd.*, p. 37.

[8] A. A. Malinovski: "Problemas generales de la construcción de sistemas y su importancia para la biología". En *Problemas de la metodología de la investigación sistémica.* Moscú, 1970, p. 149.

[9] F. de Saussure: *Curso de lingüística general.* Moscú, 1933, p. 95.

[10] N. S. Troubetskoi: *Fundamentos de fonología.* Moscú, 1960, pp. 74-75.

[11] M. N. Grezki: *El estructuralismo francés.* Moscú, 1971, p. 18.

[12] *El lenguaje y el pensamiento.* Moscú, 1967, p. 4.

[13] *Ibíd.*, p. 19.

C. Lévi-Strauss: *Arte, lenguaje, etnología.* La Habana, 1970, p. 154.

Ibíd., pp. 153-154.

Ibíd., p. 153.

Ibíd., p. 157.

Ibíd., p. 158.

Ibíd., p. 166.

Ibíd., p. 160.

C. Lévi-Strauss: *Antropología estructural.* La Habana, 1970, p. 29.

[82] *Ibid.*, p. 31.

[83] *Ibid.*, p. 31.

[84] *Ibid.*, p. 32.

[85] Ver A. R. Radcliffe-Brown: *Los métodos de la etnología y la antropología social.* Londres, 1923; y más tarde *La ciencia natural de la sociedad.* Glencoe, 1957; la *Antropología social funcional,* en la que tuvieron un gran peso los trabajos de B. Malinovski: *Los argonautas del pacífico occidental.* Londres, 1922; *La teoría científica de la cultura.* Oxford, 1942; *La dinámica de los cambios culturales.* Nueva York, 1945. De C. Lévi-Strauss se publicaron *Las estructuras elementales de parentesco,* en 1949; *Los tristes trópicos,* en 1955; y la *Antropología estructural,* en 1958.

[86] C. Lévi-Strauss: *Arte, lenguaje, etnología.* La Habana, 1970, p. 158.

[87] C. Lévi-Strauss: *Antropología estructural.* La Habana, 1970, p. 52.

[88] *Ibid.*, p. 319.

[89] *Ibid.*, p. 328.

[90] Meletinski: "Claude Lévi-Strauss y la tipología estructural del mito". En *Voprosi Filosofii* Nº 7, 1970.

[91] C. Lévi-Strauss: *Antropología estructural.* La Habana, 1970, p. 6.

[92] *Ibid.*, p. 12.

[93] *Ibid.*, p. 13.

[94] *Ibid.*, p. 22.

[95] *Ibid.*, p. 24.

[96] *Ibid.*, p. 73.

[97] M. Foucault: *Las palabras y las cosas,* México, 1968, p. 206.

[98] *Ibid.*, p. 4.

[99] *Ibid.*, p. 1.

[100] *Ibid.*, pp. 26-27.

[101] *Ibid.*, p. 30.

[102] *Ibid.*, p. 32.

[103] *Ibid.*, p. 37.

[104] *Ibid.*, p. 48.

[105] *Ibid.*, p. 62.

[106] *Ibid.*, pp. 83-84.

[107] *Ibid.*, p. 125.

[108] *Ibid.*, pp. 336-337.

[109] *Ibid.*, p. 337.

[110] *Ibid.*, p. 338.

[111] *Ibid.*, p. 355.

[112] M. Foucault: *La arqueología del saber*. México, 1970, p. 25.

[113] *Ibid.*, p. 33.

[114] Gorski: *El problema de la metodología general de las ciencias y la lógica dialéctica*. Moscú, 1966, p. 4.

[115] V. I. Lenin: *Obras completas*, t. XXXVIII, p. 145.

[116] *Ibid.*, p. 214.

[117] Vasiulin: *La lógica de "El capital"*. Moscú, pp. 281-282.

[118] A. Rapoport: "Teoría general de los sistemas". En *Pensamiento Crítico* Nº 47, La Habana, 1970, p. 77.

[119] *Ibid.*

[120] *Ibid.*

[121] *Investigaciones sistémicas*. Moscú, 1973, p. 20.

[122] *Ibid.*, p. 20.

[123] *Ibid.*, p. 20.

[124] *Ibid.*, p. 21.

[125] *Ibid.*, p. 21.

[126] *Ibid.*, p. 25.

[127] *Ibid.*, p. 9.

[128] *Ibid.*, p. 11.

[129] *Investigaciones sistémicas*. Moscú, 1969, p. 135.

[130] *Investigaciones sistémicas*. Moscú, 1973, p. 15.

[131] *Ibid.*, p. 17.

[132] *Ibid.*,

[133] *Ibid.*

[134] A. A. Bogdanov: *Tectología*, t. I, p. 209.

[135] *Ibid.*, p. 121.

[136] *Ibid.*, p. 214.

[137] *Ibid.*, p. 715.

[138] *Ibid.*, t. II, p. 162.

[139] I. V. Blauberg, V. N. Sadovski y E. G. Iudin: "Los problemas metodológicos del enfoque sistémico en la información". En *El enfoque sistémico. Premisas, problemas y dificultades.* Moscú, 1977.

[140] Algunos investigadores plantean —por ejemplo, I. V. Novik— que la constitución metodológica del enfoque sistemo-estructural no debe empezar necesariamente por la elaboración de un concepto general de sistema aceptable para todos, y que la actividad desplegada en su elaboración puede ser un freno para otros trabajos constructivos de dicho enfoque. Ello no deja de ser en parte cierto, cuando se trata de investigaciones sistémicas particulares, pero no es cosa trivial cuando los esfuerzos se dedican a la elaboración de una teoría general de los sistemas.

[141] Es necesario distinguir la interpretación positivista de estos problemas frente a la correcta vinculación y determinación del concepto "sistema" con las categorías filosóficas. El positivismo —neopositivismo— que a principios de nuestro siglo ejercía una gran influencia en una serie de grandes científicos, hoy, frente al avance de la ciencia y a los nuevos descubrimientos científicos, ha ido poco a poco perdiendo terreno como única comprensión de la ciencia y del avance científico, mientras se impone la comprensión dialéctica de los fenómenos. La aparición de los conceptos y métodos científicos generales en la segunda mitad de nuestro siglo infundió esperanzas en los filósofos y científicos de corte positivista que intentaron tomarlos como reducto y enfrentarlos a la filosofía, pretendiendo que sustituyeran a la filosofía como metodología universal. Los filósofos marxistas consideran que, de por sí, el concepto de sistema y su correspondiente metodología no puede conducir implícitamente a la negación de la filosofía. Al contrario, el develamiento del carácter sistémico de los objetos, la relatividad de los enfoques reduccionistas y mecanicistas en la ciencia, es una muestra de la penetración en la esencia dialéctica de los fenómenos y procesos con los que se enfrenta la ciencia actual.

[142] En la obra *El pensamiento salvaje*, de Claude Lévi-Strauss, se describe una "técnica" utilizada para la construcción de sistemas denominada *bricolage*. (C. Lévi-Strauss: *The Savage Mind*, 1972, pp. 19-25.)

[143] Por ejemplo, I. V. Nokiv, señala que "a la luz de la dialéctica de lo objetivo y lo subjetivo en el conocimiento, el sistema puede ser caracterizado como un fragmento de la realidad objetiva determinado por el sujeto cognoscente para el logro de un objetivo determinado" (I. V. Novik: *Cuestiones acerca de los estilos de pensamiento.* Moscú, 1975, p. 22.)

[144] En el libro *Metodología del conocimiento científico*, en el capítulo dedicado al análisis del conocimiento científico, se exponen los

métodos sistémicos que se utilizan en el mismo. Por ejemplo: "Un sistema deductivo siempre es un sistema de elementos de un mismo orden, y el movimiento dentro del mismo se reduce a las transformaciones combinatorias de los elementos. Esto significa que en ese sistema sólo tenemos que ver con 'divisiones', 'multiplicaciones', de los elementos iniciales, es decir, con transformaciones de ellos en las cuales:

"1) *Los elementos actúan como un todo, incluso indivisible;*

"2) los elementos son examinados desde el punto de vista de sus propiedades (por ejemplo, desde el punto de vista de su función veritativa);

"3) *todo el análisis se limita al establecimiento de correlaciones entre los elementos así entendidos* (simples y complejos). *De tal forma, la finalidad de una investigación semejante no puede ser el análisis de los elementos desde el punto de vista de la expresión de sus nuevas propiedades, ni su 'refundición' en otras formaciones* (por ejemplo, la obtención de afirmaciones teóricas a partir de datos empíricos, etcétera), sino el señalamiento de los principios de la combinatoria de los elementos y símbolos iniciales, y la trasmisión de ciertas propiedades desde formaciones simples a otras más complejas." (El subrayado es nuestro.) *(Metodología del conocimiento científico.* La Habana, 1975, p. 420.)

[145] Ver L. V. Bertalanffy: *General systems theory*, 1968.

[146] I. A. Akchurin: *La unidad del conocimiento científico natural.* Moscú, 1974, p. 93.

[147] "Si los lenguajes especiales de las disciplinas clásicas están adheridos muy exclusivamente, la naturaleza llega a compartimentarse en distintos segmentos caracterizados cada uno por su propio conjunto de entidades, propiedades y leyes. Pero, si se adoptara el metalenguaje general de la teoría de sistema, el *dictum*, conceptos especiales para fenómenos especiales, perdería validez. Podemos pasar así de un campo de investigación a otro sin perder un sistema de referencia y tener que adoptar otro. Al contrario, podemos traducir los lenguajes especiales mediante un sistema general de lenguaje que ofrezca significados invariantes, cuyos valores locales serían transformaciones isomórficas." (E. Laszlo: *Proceedings of XV World Congress of Philosophy.* Varna, 1973.)

[148] Algunos autores pretenden que la definición general de sistema, como ya apuntamos, se obtenga sobre la base de la investigación dentro de aquel enfoque sistémico cuya realidad sea la más compleja. Esta realidad compleja la encontraríamos en los sistemas biológicos y sociales. La definición de estos sistemas se acercaría más —según ellos— a la definición general, debido a que, teniendo en cuenta la historicidad de estos sistemas, el elemento dinámico no puede ser excluido y las propiedades de todos los sistemas han de estar presentes o comprendidas en sus subsistemas. La vía que se nos propone, en este caso, es una vía descendente, es decir, ir

de los sistemas más complejos a los más simples. Esto implica revertir el orden real de constitución y desarrollo de los sistemas. Implica ir de lo complejo a lo simple, cuando en realidad el sistema ha recorrido el camino contrario en su constitución, que va de lo simple a lo complejo.

Los sistemas más complejos se constituyen a partir de los sistemas más elementales. Ello no quiere decir que el sistema así constituido reduzca su unicidad o integridad a la de los subsistemas que lo han integrado genéticamente. Existen saltos cualitativos, una discontinuidad cualitativa que no puede ser reducida o explicada partiendo de niveles inferiores de organización.

[149] V. I. Kremianski, en su libro, en el último capítulo, titulado "Acerca de la metodología de la determinación de las bases materiales de la conciencia", apunta la siguiente y sugestiva idea: "Según mi punto de vista, para una comprensión más profunda de este punto nodal único —se refiere al cerebro humano— en el cual se intersectan muchas líneas del desarrollo progresivo de la materia, *las categorías de estructura y sistema no son suficientes,* así como los conceptos de 'sistemicidad material' o de 'estructura material'..." V. I. Kremianski: *Problemas metodológicos del enfoque sistémico de la información.* Moscú, 1977, p. 259.

[150] Ver V. N. Sadovski: *Fundamentos de la teoría general de sistemas.* Moscú, 1974, p. 82.

[151] Proponer un sistema quiere decir separar los rasgos que diferencian lo sistémico de lo no sistémico. Esta diferenciación la realiza el sujeto; el sistema es un fragmento de la realidad objetiva, un corte hecho por el sujeto cognoscente con el fin de lograr determinados objetivos. Al proponer dicho sistema, es necesario fundamentarlo en lo que no es sistémico —o en lo que no ha de ser analizado como tal y constituye el límite al cual ha de llevarse el análisis—, lo contrario al sistema, pero que lo constituye: el elemento. Si fijamos un sistema determinado, ello quiere decir que al mismo tiempo hemos fijado frente a él ciertos elementos cuyas relaciones, propiedades e interacciones forman el sistema. Estos elementos son elementos para el sistema, aunque ellos en sí mismos, como objetos, no lo tengan que ser. Si observamos los elementos en sí mismos, como sistemas, por separado, nos salimos de los marcos teóricos en el cual éstos actúan en calidad de elementos y pasamos a otro sistema y a otro nivel de análisis que no puede tener las mismas características que el anterior.

[152] Ver V. N. Sadovski: *Fundamentos de la teoría general de sistemas.* Moscú, 1974, p. 104.

[153] *Ibid.,* p. 104.

[154] I. V. Novik, refiriéndose en su libro al concepto de sistema, plantea: "Para develar la esencia de uno u otro concepto fundamental es insuficiente caracterizarlo desde sí mismo, desde adentro, es necesario 'completarlo con su par', develando al mismo tiempo la

naturaleza de su concepto antípoda, en relación con el concepto de elementos." (I. V. Novik: *Cuestiones acerca de los estilos del pensamiento.* Moscú, p. 23.)

[155] I. V. Blauberg, V. N. Sadovski y E. G. Iudin: *Systems theory.* Moscú, 1977, p. 127.

[156] Ver pp. 106-107 del presente tomo.

[157] "La afirmación 'el sistema consiste en elementos', siempre quiso decir que el sistema representa *un objeto compuesto de partes cuya masa es más pequeña.*' Sin embargo, esto es completamente incorrecto en relación, por ejemplo, con el nucleón o con el mesón, los cuales tienen diferentes partes espaciales y, al mismo tiempo, esas partes no se pueden dividir —en todo caso en la etapa actual— en elementos más simples." (V. S. Barachenkov: "La elementariedad y el problema de las estructuras de los microobjetos". En *Las ciencias naturales y la dialéctica materialista.* Moscú, 1977, p. 232.)

[158] M. E. Omelianovski: *La dialéctica en la física contemporánea.* Moscú, 1973.

[159] I. V. Blauberg, V. N. Sadovski y E. G. Iudin, *op. cit.*, p. 140.

[160] Federico Engels, ya en su época, había planteado la no existencia de objetos absolutamente elementales, pero señalaba, al mismo tiempo, la existencia de ciertos puntos nodales de la materia cuya división, de acuerdo con determinados rasgos, es imposible de efectuar y que, efectuándola de acuerdo con otros rasgos y en otras relaciones, nos conduce a nuevas cualidades; todo lo cual nos da base objetiva para el concepto de elemento.

De acuerdo con lo dicho anteriormente, pudiéramos esbozar la siguiente tesis en relación con el problema de lo elemental y su comprensión dentro del enfoque sistémico. El sistema existe como una unidad interna de sus elementos y como una unidad externa frente al medio, es decir, el sistema mismo puede ser contemplado desde dos ángulos distintos: internamente como una pluralidad de elementos, y externamente como algo separado, unitario, un corte hecho en la realidad. Al mismo tiempo, los objetos que hemos considerado como elementos relevantes al sistema y que, tomados dentro de cierto nivel de investigación, tienen también como elementos del sistema una doble faz. Estos elementos constituyen el medio interno del sistema, digamos en un sentido horizontal, pero, en lo que respecta a la composición vertical del sistema, éstos presentan una "cara" hacia el sistema en el sentido ascendente y otra en sentido descendente. Hacia el sistema aparecen como elemento, pero hacia los niveles inferiores cualitativamente distintos al sistema del que forman parte ellos mismos, aparecen como sistemas o constituyen sistemas. Dichos sistemas corresponderían a otro nivel de la investigación e, incluso, dado el caso, al estudio de otras ciencias y de otros métodos adecuados a los mismos.

[161] Ver V. I. Lenin: *Obras completas*, t. XXXVIII, p. 90.

[162] En 1966, en un trabajo de Kedrov sobre los cambios cualitativos y cuantitativos en la naturaleza y, más tarde, con el concepto "cualidad" del libro de Dudel: *Las leyes de la dialéctica materialista*, Moscú, 1958.

[163] *El materialismo dialéctico y la medicina*. Moscú, 1963, p. 189.

[164] A. P. Sheptulin: *El sistema de las categorías de la dialéctica*. Moscú, 1967, p. 286.

[165] C. Lévi-Strauss: "L'analyse morphologique des contes russes". En *International Journal of Slavic Linguistics and Poetry*, 1960.

[166] V. I. Sviderski: *Sobre la dialéctica de los elementos y la estructura*. Moscú, 1962, pp. 10-11.

[167] Abramian: *Problemas filosóficos del análisis lógico del saber científico*.

[168] Ver Obchinnikov: *La estructura y las formas de la materia*. Moscú, 1967, p. 13.

[169] *Ibíd.*, pp. 13-14.

[170] Abramian, *op. cit.*, p. 45.

[171] En este trabajo no nos podemos referir a la historia del desarrollo de estos conceptos, pues nuestra tarea ha de limitarse a destacar su rol metodológico en la investigación de sistemas. Para mayor detalle ver la obra de N. T. Abramova: *La totalidad y la dirección*. Moscú, 1974, pp. 11-27.

[172] Por ejemplo, en *Systems Theory* los autores son de la siguiente opinión —que nosotros también compartimos—: "Todos los conjuntos de objetos *(y cualquier sistema es un conjunto, aunque no todo conjunto es un sistema)* pueden ser divididos en tres grandes clases: 1) conjuntos no organizados, 2) sistemas inorgánicos y 3) sistemas orgánicos. Un conjunto no organizado, por ejemplo, un montón de piedras, una muchedumbre en la calle, no posee las características esenciales de organización interna. Las conexiones entre sus componentes son de carácter externo, casual e inesencial. Entrando o saliendo de dicho conjunto, los componentes no sufren ningún cambio, lo que indica la ausencia de propiedades integrales en dicho conjunto. Las propiedades de tal conjunto coinciden esencialmente con la suma de las propiedades de las partes —componentes o constituyentes— tomadas aisladamente. *Tal conjunto no tiene pues propiedades sistémicas.* (I. V. Blauberg, V. N. Sadovski y E. G. Iudin: *Systems Theory*. Moscú, 1977, p. 149.)

[173] V. I. Kremianski: *Problemas metodológicos del enfoque sistémico de la información*. Moscú, 1977.

[174] Ver I. V. Blauberg: "Totalidad y sistemicidad". En *Investigaciones sistémicas*. Moscú, 1977, p. 7.

[175] En polémica con V. G. Afanasiev, Blauberg lo cita como ejemplo de un punto de vista contrario al suyo: "V. G. Afanasiev escribió: 'el concepto de todo, de totalidad, tanto en la literatura soviética como en la extranjera, es identificado frecuentemente con el concepto de sistema'. Sin más, cualquier todo es un sistema. ¿Pero es cualquier sistema un todo? Nosotros pensamos que cualquiera no. En la ciencia se entiende corrientemente por sistema un conjunto, un complejo de componentes que de una u otra manera se encuentran en interacción. 'El sistema —escribe el destacado biólogo Bertalanffy— es un complejo de elementos que se encuentran en integración.' De acuerdo con dicha definición, unas cuantas moléculas de gas son también un sistema, ya que aun chocando dos moléculas ello representa su interacción mecánica. Pero aun así, éstas no son un sistema total, sino un simple sumativo, pues como resultado de su interacción no surgen en él propiedades —integrativas, totales— completamente nuevas." (*Ibid.*, p. 7.)

[176] Acerca de esta función metodológica del concepto de totalidad, escribe N. T. Abramova: "El concepto de totalidad se utiliza como medio del conocimiento en el estudio de la estructura de la materia y los procesos de su movimiento en distintos períodos de desarrollo del pensamiento científico. Se explica por qué el conocimiento es una actividad analítico-sintética en la cual se diferencian las distintas partes del objeto investigado y con la ayuda de la síntesis se establecen las relaciones en el marco del fenómeno estudiado. *El conocimiento es impensable fuera de los conceptos de todo y parte.*" N. T. Abramova: *La totalidad y la dirección.* Moscú, 1974, p. 11. (El subrayado es nuestro.)

[177] I. V. Blauberg: "Totalidad y sistemicidad". En *Investigaciones sistémicas.* Moscú, 1977, p. 21.

[178] Blauberg denomina a este tipo de totalidad "totalidad actual", para diferenciarla de la "totalidad potencial" del objeto. Esta última sólo nos es dado descubrirla en otra etapa del conocimiento y, a diferencia de la "actual", requiere de los esfuerzos investigativos y se devela de manera gradual y paulatina en la medida en que vamos descubriendo y concibiendo al objeto como un todo. Los términos actual y potencial no nos parecen los más adecuados para descubrir dicha relación, ya que el de "totalidad potencial" nos da la idea de que esta totalidad no se manifiesta, que queda separada de la primera, como si se tratase de dos totalidades distintas. El término totalidad potencial se relaciona más bien con los rasgos que el conocimiento no ha llegado a descubrir; es en potencia para el conocimiento, pero no para el objeto.

[179] "El punto de partida —escribe Sadovski— de cualquier investigación sistémica es la noción de totalidad del sistema bajo estudio. Esta premisa conduce a dos conclusiones: primera, el sistema puede ser concebido como algo integral sólo a condición de que él, como sistema, se oponga a lo que le rodea, al medio..." I. V. Blauberg, V. N. Sadovski y E. G. Iudin: *Systems theory*, p. 38.)

[180] V. N. Sadovski: *Fundamentos de la teoría general de los sistemas.* Moscú, 1976, pp. 235-236.

[181] G. A. Iugai: *Problemas filosóficos de la biología teórica.* Moscú, 1976, p. 76.

[182] Marx, al abordar el estudio de la sociedad capitalista, se plantea este problema. En el estudio de la sociedad capitalista y la explicación teórica de las causas de la totalidad de dicho sistema, Marx se basa en la investigación de toda la riqueza de relaciones mutuas entre las partes, y las contempla como momentos del todo. Las partes del sistema no son partes acabadas o dadas de antemano, sino que se van formando en el proceso de desarrollo. También, observa Marx, no hay un proceso de condicionamiento causal lineal o unívoco en la sociedad, sino un proceso cíclico en el cual cada elemento es la condición de la existencia del otro y en los cuales la causa y el efecto se intercondicionan mutuamente. Ejemplo de todo lo dicho se ve en su obra *El capital.*

[183] Ver I. V. Blauberg: "Totalidad y sistemicidad". En *Investigaciones sistémicas,* p. 26.

[184] La tarea concreta de localización de las partes en los objetos que se caracterizan por un alto nivel de integración no es una tarea fácil. Hacemos la aclaración, porque la definición de parte que hemos dado se podría prestar a una interpretación incorrecta o sugerir la idea de un mecanismo en la construcción del todo. Para los objetos del mundo que nos rodea —macromundo— el problema de la localización unívoca no constituye un problema serio, pero sí lo constituye para los componentes de los sistemas vivos.

[185] Es necesario aclarar que el elemento, en este sentido, es contemplado dentro de un determinado nivel de resolución, adecuado a las tareas de investigación propuestas y dentro de los marcos de ésta. I. A. Akchurin, en su obra, nos da una idea concreta de lo que se entiende a veces por elemento dentro de un nivel de análisis determinado: "Hoy día nadie diría o afirmaría que 'los átomos de lo vivo' —20 tipos distintos de aminoácidos— no se pueden dividir más adelante en los elementos —químicos— que los componen, en átomos de carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y sulfuro. Esto se puede hacer, pero si se hace inmediata o automáticamente, abandonamos el nivel de los fenómenos biológicos y caemos en el campo de la química —la química de los más diversos procesos atómico-moleculares, pero inorgánicos. Así, de la misma manera, podemos seguir adelante, dividir los átomos de carbono, hidrógeno, oxígeno, y sulfuro en electrones, protones y neutrones que los componen, concentrando sobre ellos la suficiente cantidad de energía. Pero con ello, de manera automática, abandonamos el nivel de organización de la materia en la forma de objetos químicos, y caemos entonces en el campo de la física, la física de las partículas elementales. (I. A. Akchurin: *La unidad del conocimiento científico-natural.* Moscú, 1974, p. 72.)

[186] Así también lo hace notar Sadovski, de la manera siguiente: "El punto de partida de cualquier investigación sistémica es la noción de totalidad del sistema bajo estudio. Esta premisa conduce a dos conclusiones: primera, el sistema puede ser concebido como algo

integral sólo a condición de que él, como sistema, se oponga a lo que le rodea, al medio; segunda, el análisis del sistema conduce a la noción de elemento: una unidad cuyas propiedades y funciones están determinadas por su posición dentro del todo, siendo estas propiedades y funciones, hasta cierto punto, mutuamente definibles con las propiedades del todo —las propiedades del todo no pueden entenderse sin que se conozca por lo menos algunas propiedades de los elementos y viceversa—. El concepto de elemento está obviamente muy lejos de ser idéntico al de átomo: el primero lo es sólo en relación con un sistema dado, siendo el componente mínimo del sistema —indivisible ulteriormente— o el límite máximo al cual puede conducir el análisis dentro de una tarea de investigación fijada. (I. V. Blauberg, V. N. Sadovski y E. G. Iudin: *Systems theory*, p. 38.)

[187] V. I. Kremianski: *Problemas metodológicos del enfoque sistémico de la información*. Moscú, 1977, p. 37.

[188] Por ejemplo, "el concepto de 'dentro de' —escribe I. A. Akchurin— según mi opinión, sencillamente no existe en el mundo de las partículas elementales". Más adelante agrega: "Nosotros creemos que es posible expresar la suposición de que en el micromundo, en las distancias del orden de un *fermi* (10^{13} *cm*), se efectúa el paso de la topología corriente del macromundo a otra fundamentalmente nueva, la de Grötjendik." (I. A. Akchurin: *La unidad del conocimiento científico natural*, 1968, p. 63.)

[189] Ver V. N. Sadovski: *La fundamentación de la teoría general de los sistemas*, p. 22.

[190] Ver A. I. Uemov: "Sistemas y parámetros sistémicos". En *Problemas del análisis formal de los sistemas*. Moscú, 1968.

[191] *Ibid.*, p. 97.

CAPÍTULO IX

EL ENFOQUE INFORMATIVO EN LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

La ciencia y la técnica de la segunda mitad del siglo XX se colman de información, se ven penetradas por flujos informativos. Surgió una técnica especial: la informativo-cibernética, a ritmos acelerados tiene lugar la automatización y la introducción de computadoras; se desarrolla toda una serie de ramas que tienen como objeto el estudio de los diferentes tipos de información y procesos informativos.[1] Además, como ya se ha señalado, la ciencia, en su conjunto, es representada en forma de un complejo sistema informativo que extrae, trasmite y procesa información, con el objetivo de obtener una nueva y, al mismo tiempo, utilizarla en la producción y otras esferas prácticas. La brusca elevación del personal ocupado en la actividad científica, el crecimiento intensivo de las asignaciones a la ciencia, la aceleración de los ritmos y la ampliación de los marcos de la producción de información científica, así como su utilización cada vez más efectiva y rápida en la técnica, la producción, la dirección y otros campos de la práctica social, constituyen un rasgo característico de la revolución científico-técnica contemporánea, el cual refuerza el interés hacia la investigación en su aspecto informativo.

Un rasgo específico de la revolución científico-técnica actual, que la distingue de los virajes científicos y técnicos precedentes, es el peculiar "avance informativo" que se produce en la técnica donde, no sólo se transfieren funciones mecánicas, motoras y energéticas, sino también informativas. En la actualidad, el hombre comienza a transferir a través de máquinas y equipos técnicos, de forma cada vez más intensiva y amplia, sus funciones informativas y de control, relacionadas, sobre todo, con los tipos no creadores de la actividad intelectual. En el futuro, el número de funciones informativas realizadas por medio de máquinas, crecerá sustancialmente. El traspaso de diversas funciones informativas del hombre a la técnica abrió

inmensas posibilidades en el campo de la intensificación de los procesos socio-informativos, independientemente de si están destinados a la transformación de la sustancia y la energía, o a la dirección de los procesos sociales. Esta cibernetización y automatización de la actividad científica y productiva es realizada para el hombre y su bienestar, liberando así su razón y su fuerza para actividades auténticamente creadoras.

Además, el creciente interés hacia los problemas de la información y los medios informativos posee determinados fundamentos objetivos.

El desarrollo de la teoría de la información y de los métodos teórico-informativos, así como de sus aplicaciones, es un fenómeno característico de la ciencia actual. El desarrollo intensivo de los medios informativos no sólo ha conducido a la aparición de una disciplina científica independiente, como sucedió en su tiempo con las teorías de la relatividad o de la mecánica cuántica, sino que ha conducido a la penetración de los nuevos métodos teórico-informativos en toda la ciencia, desde la física hasta la lógica. Muchas ciencias sobre la naturaleza y la sociedad han sido abarcadas por los métodos teórico-informativos; y ésta es la diferencia de principio entre la teoría de la información y otras teorías científicas que aparecieron y se desarrollaron impetuosamente en el siglo XX. La teoría sobre la información se distingue de la cibernética —la disciplina científica más cercana a la teoría de la información— porque su objeto de investigación no lo constituyen los sistemas naturales no vivos; también en la cibernética se utilizan otros métodos de investigación además del teórico informativo, lo cual trataremos en otros epígrafes de este capítulo.

Debido a las particularidades ya señaladas, las concepciones de los científicos de todas las especialidades, sin exclusión, se vieron relacionadas con ellas con la teoría de la información y sus métodos. El concepto de información, precisado por esta teoría, rebasó las fronteras de la teoría de la comunicación, donde fue explicado por primera vez por medios lógico-matemáticos y comenzó a utilizarse en toda la ciencia.

Y aunque la cantidad de publicaciones especiales dedicadas a la teoría de la información creció rápidamente, sobrepasando en sus ritmos a muchas otras teorías científicas, no es menos cierto que el aspecto de contenido del concepto información —lo que en nuestra literatura filosófica se acostumbra llamar naturaleza de la información— continuó siendo tan poco comprendido como lo fueron antes de los trabajos de Shannon,

Wiener, Kolmogorov y otros científicos que hicieron valiosos aportes a la formación del aspecto matemático del método teórico-informativo.

Las dificultades del análisis filosófico de la teoría de la información parecen explicarse no sólo por el hecho de que esta teoría surgió hace unos treinta años —el artículo fundador de Shannon fue publicado en el año 1948—. Podemos suponer que el carácter novedoso e indeterminado del objeto de esta ciencia, la información, crea dificultades adicionales. Si la teoría de la relatividad no hizo más que modificar, aunque muy sustancialmente, nuestras concepciones sobre el espacio y el tiempo, es decir, desarrolló nuestra comprensión de las propiedades de la materia —ya estudiadas por la mecánica de Newton—, en cierto grado conocidas, la teoría de la información prestó atención, por primera vez, a una propiedad totalmente nueva de los sistemas materiales. El concepto de información, que refleja esta nueva propiedad de la materia, se ha convertido actualmente en un concepto científico general.[2]

Si el aspecto matemático de los métodos teórico-informativos ha obtenido un importante desarrollo, no puede decirse lo mismo del aspecto "conceptual y de contenido", pues hasta el momento el concepto mismo de información permanece tan impreciso como en el momento en que se creó la teoría de la información. Esta contradicción se hizo evidente al intentar aplicar los métodos informativos, los conceptos y métodos de la teoría estadística de la información, a otras ramas del saber, intentos que, como sabemos, resultaron improductivos. Esto motivó la opinión infundada de que el método de la teoría de la información no podía servir de medio efectivo de investigación, opinión reforzada por la ausencia de interpretaciones de contenido del concepto "información" y por el débil desarrollo de los aspectos metodológicos de la teoría de la información y de sus aplicaciones.

Y aunque Shannon, creador de la teoría probabilístico-estadística de la información, se manifestó contra los intentos infundados de aplicar los conceptos y métodos informativos más allá de los límites del estudio de los procesos de comunicación, no es menos cierto que los medios estadísticos y otros teórico-informativos del conocimiento penetraron en las más diversas ciencias y se difundieron en el "espacio" de los conocimientos científicos, en profundidad y en extensión. Al mismo tiempo, este proceso condicionó el surgimiento de nuevas disciplinas

y problemas científicos: la cienciología (teoría de la ciencia), la informática, la teoría del pronóstico.

En lo que se refiere al alcance y las posibilidades de la teoría de la información y del enfoque informativo, existen diferentes opiniones que serán expuestas en nuestro trabajo al analizar la utilización de medios teórico-informativos en las ciencias biológicas, pues ya de por sí "la simple traducción de las leyes biológicas al lenguaje de la teoría de la información —escribe M.V. Volkenstein— permite plantear con gran claridad las tareas de la investigación científica y deshacerse de una serie de representaciones falsas".[3] Por su parte, M. Brezier considera que, si la teoría de la información no ha conducido al descubrimiento de un gran número de nuevos hechos, sí puede engendrar muchas ideas nuevas.[4] Ackerman considera que la teoría de la información no puede descubrir nada nuevo, sino sólo expresar las ideas existentes y mostrar las semejanzas y analogías que hay entre los campos más diversos.[5] Por esta razón, advierte dicho autor, al estudiar la teoría de la información es importante no exagerar su papel, ni tampoco tomar el camino de la ciega ignorancia de sus resultados.

Las distintas valoraciones señaladas del papel de los métodos de la teoría de la información en la biología reflejan la etapa actual en el desarrollo de la cibernética y de la teoría de la información.

Para descubrir las causas de la amplia difusión de los medios de la teoría de la información, será necesario analizar la génesis y la estructura actual del problema de la información y el método informativo, y explicar su contenido en el plano filosófico-metodológico.[6]

1. ESTABLECIMIENTO Y DESARROLLO DEL ENFOQUE INFORMATIVO

En la mayoría de las publicaciones especializadas se expresa la opinión de que el estudio de los procesos de información se inició gracias a la aparición y desarrollo de la cibernética y la teoría de la información, cuando, en el año 1948, fueron publicados los trabajos de Wiener y Shannon. En efecto, el estudio de los procesos de información se ha realizado por no pocos científicos en los marcos de estas disciplinas científicas. No obstante, semejante concepción de la génesis y las fuen-

tes del conocimiento de la información no corresponde a la realidad.

Como es sabido, el conocimiento de cualquier problema se inicia, por regla general, con la explicación del cuadro cualitativo, con la muestra de su aspecto de contenido, y después se pasa al estudio de su aspecto formal, cuantitativo. A pesar de esto se ha divulgado la opinión de que, en lo que a la información se refiere, el proceso no ha sido éste, y que el enfoque cuantitativo de la información se inició desde el primer momento.

Sin embargo, no es fácil refutar una opinión tan difundida. La crisis informativa se hizo sentir también en este campo. Aquellos que trabajaban sobre los aspectos matemáticos del problema de la información no conocían los trabajos sobre el aspecto cualitativo de ésta, los cuales se realizaron antes de la aparición de las obras de Wiener y Shannon y contenían importantes conclusiones en el aspecto del contenido. Quienes los conocían, o bien no les prestaron la debida atención o no comprendieron que con estas publicaciones comenzó el fenómeno, todavía en ese entonces enigmático, conocido con el nombre de "información"

En realidad, el conocimiento de la información comenzó ya en los años 20 y 30 de nuestro siglo en el periodismo, cuya teoría investigó algunos tipos de información social en su aspecto cualitativo. Esas investigaciones desplazaron posteriormente su centro de gravedad a la esfera de las ciencias naturales y técnicas; sólo en los últimos años se ha vuelto a observar un regreso a la esfera social. Evidencia de ello es el surgimiento de importantes investigaciones en este campo, estimuladas por las exigencias sociales mencionadas, y que se relacionan, ante todo, con la dirección científica de la sociedad y la naturaleza.[7]

La palabra "información", por ejemplo, en lengua rusa en la época de Pedro I, significaba "idea", "ciencia". Hasta comienzos del siglo XX la palabra "información" se utilizaba muy poco, sólo en documentos oficiales; después se le empleó en revistas y periódicos; la utilizó también Lenin en sus cartas, y más tarde apareció en el lenguaje habitual y en las ciencias humanísticas, como la lingüística y el periodismo.

La concepción originaria de la información como noticia se conservó durante más de dos milenios, hasta mediados del siglo XX. Por ese tiempo, y en relación con el progreso de los

medios técnicos para las comunicaciones masivas y de otro tipo —teléfono, telégrafo, radio, televisión—, debido, sobre todo, al crecimiento del volumen de los mensajes trasmitidos, surgió la necesidad de medirlos para perfeccionar las condiciones de la trasmisión. Ya en los años 20 de nuestro siglo se hicieron los primeros intentos por expresar cuantitativamente la información, intentos que después fueron utilizados en las teorías probabilístico-estadísticas de la información por Fischer, Hartley, Szilard. Sin embargo, la verdadera historia de la teoría matemática de la información comienza a partir del año 1948, con la publicación del artículo de Shannon *Teoría matemática de la información;* en él se ofrece un método probabilístico para medir la cantidad de información, se propone un esquema abstracto de comunicación compuesto de seis miembros: fuente de información, emisor, líneas de comunicación, receptor, destinatario y fuente de interferencia, y se formulan los teoremas sobre la capacidad de tráfico, la inmunidad a las interferencias, la codificación, etcétera.

En la teoría de Shannon no se entendía por información cualesquiera mensajes intercambiados por el hombre y trasmitidos por canales técnicos de comunicación, sino exclusivamente aquellos que disminuían la incertidumbre en el receptor de la información. La incertidumbre se produce cuando se escoge una posibilidad entre dos o un número mayor de ellas, procesos éstos que tienen lugar, no sólo en la comunicación sino también en la dirección y el conocimiento, tanto en la esfera social como más allá de sus límites. El grado de eliminación de la incertidumbre como resultado de la obtención de información se mide por medio del logaritmo negativo de la probabilidad de elección para un suceso individual, y del resultado matemático del logaritmo negativo de la probabilidad —considerado como magnitud casual— para un conjunto de sucesos.

Además de la variante probabilística de la teoría matemática de la información, surgieron otras. En 1955, el biofísico norteamericano N. Rachevski propuso un enfoque topológico para medir la cantidad de información en complejos topológicos; en este caso la cantidad de información se medía en dependencia de la cantidad de diferencias topológicas entre las teorías de los grafos. Más tarde recibió gran difusión el enfoque combinatorio para medir la información, cuya idea se contenía en la fórmula de la cantidad de información propuesta ya por Hartley, como logaritmo del conjunto de los

distintos elementos: la teoría más desarrollada en el aspecto matemático es la de épsilon-entropía —según Kolmogorov, Tijomirov, Vitushkin y otros—. Existen trabajos donde el concepto de cantidad de información se aplica a la investigación de sistemas dinámicos rígidamente determinados —Rojlin, Sinai—. En 1965, Kolmogorov propuso la definición algorítmica del concepto "cantidad de información" como *longitud mínima del programa*, que permite transformar unívocamente una secuencia en otra. Debe señalarse que de todas las variantes de la teoría matemática de la información sólo se aplican, en lo fundamental, los enfoques probabilístico y combinatorio.

Los enfoques matemáticos señalados para la medición de la información solamente describen, desde un punto de vista semiótico, la estructura simbólica de los mensajes, razón por la cual pueden ser caracterizados como teorías sintácticas. Los aspectos de contenido y valorativos de la información se investigan en las concepciones y teorías semánticas y pragmáticas correspondientes.

La teoría semántica de la información surgió como un intento por medir la información del contenido y el significado de los mensajes que tenían la forma de enunciados, en los trabajos de Carnap y Bar-Hillel (1953), Kemeny (1953), Wells, Melony, Harrah, Törnebohm, Hintick y otros.[8] En estos trabajos, con frecuencia se utilizan lenguajes muy débilmente formalizados y medios lógico-probabilísticos —lógica inductiva— para medir sólo el significado material, es decir, la relación entre el signo y el objeto designado, que hace abstracción del significado conceptual, figurado. En los últimos años los científicos soviéticos I. A. Schreider (1965), E. K. Voishvilo (1966, 1973, 1976) e I. A. Poletaiev (1976) propusieron enfoques más generales y perspectivos para medir el contenido de la información, los que pueden encontrar amplia aplicación (en general, las concepciones semánticas mismas de la información todavía no se aplican).

Existen determinados enfoques matemáticos para medir el valor de la información en los trabajos de Ackhoff (1958), Harroh (1961), Myles (1963). A. A. Jarkevich (en 1960) fue uno de los primeros que prestó atención a la posibilidad de medir la información; consideraba que el valor de la información puede medirse por medio del incremento de la probabilidad de lograr el objetivo antes y después de obtenerse la información. Además del enfoque de Jarkevich, en los años 60 aparecieron

otras variantes de la teoría pragmática de la información en los trabajos de M. M. Bongard, R. L. Stratonovich, I. A. Poletaiev y otros, quienes utilizan las ideas de la teoría de los juegos y la investigación de operaciones, la teoría de los algoritmos, etcétera.

En particular, la información social posee, además de cantidad, valor y contenido, otras propiedades: veracidad, autenticidad, completitud, profundidad, precisión, convencimiento, demostratividad, novedad, espíritu de partido, efectividad, optimalidad, operatividad, confiabilidad, expresividad. Hasta el momento no se han elaborado teorías que tengan presente estas propiedades de la información, las que sólo comienzan a investigarse en los trabajos sobre la teoría social de la información —V. G. Afanasiev, G. T. Zhuravliev.[9]

El concepto de información se utiliza ampliamente en la cibernética, donde funciona como una de las categorías centrales y, en cierto grado, como una categoría más general que los conceptos de comunicación y control. En el año 1948, Wiener propuso una "visión informativa" de la cibernética como ciencia sobre el control y la comunicación en los organismos vivos, la sociedad y las máquinas, aunque sólo en los últimos años aparecieron trabajos en que se insiste en la idea de síntesis de los conocimientos sobre la comunicación y el control, no sólo a nivel de contenido, sino también formal-matemático, que forman parte de la llamada "teoría informativa del control" desarrollada por la escuela de B. N. Petrov —V. V. Petrov, G. M. Ulanov, I. D. Kochubievski y otros.[10]

Los métodos matemáticos de las distintas variantes de la teoría de la información se utilizan, además de en la cibernética técnica, en la teoría de las mediciones (Brillouen, F. E. Tionnikov, P. V. Novitski, K. B. Karandieev); en física (Brillouen, M. Traibes, V. M. Fain, D. S. Liebedev, L. B. Livitin); en química (B. Rakov, I. A. Zhdanov); en geografía (A. D. Armand); en geología y en otras ciencias sobre la naturaleza inorgánica. Las ideas teórico-informativas se utilizan también ampliamente en las ciencias del grupo biológico, donde la esencia misma de la vida se relaciona con el procesamiento de la información, con el control —en la teoría de la información genética, la embriología, la biología evolutiva—, así como en psicología, fisiología de la actividad nerviosa superior, y en ciencias humanísticas como la pedagogía, la lingüística, la teoría de la dirección social, la estética, el derecho, la ética, etcétera. La concepción sobre la información pasó desde las ciencias humanísticas a las

técnicas, donde se desarrolló considerablemente y elaboró sus medios matemáticos; más tarde penetró en las ciencias naturales y, enriquecida, comenzó a utilizarse nuevamente en las ciencias sociales, aplicadas y otras, donde contribuyó, tanto al desarrollo de nuevos conocimientos, como a la síntesis de los existentes, en particular a la integración de los conocimientos científico-naturales, técnicos y socio-humanísticos. Actualmente, el concepto de información ha devenido concepto general en todas las ciencias particulares, mientras que el enfoque informativo, que comprende un determinado conjunto de ideas propias y un complejo de medios matemáticos, se ha transformado en un enfoque científico general.

Debe destacarse que el impetuoso desarrollo de la cibernética, la utilización por ella del concepto de información y de los métodos teórico-informativos, hizo que muchos científicos pensaran que dicho concepto era la categoría principal y central de la cibernética. Sin embargo, este punto de vista provocó críticas "desde arriba y "desde abajo". Desde arriba, en el sentido de que el concepto información se utiliza con mucha frecuencia en las ciencias sociales e, incluso, está en proceso de elaboración una teoría de la información social. Sería incorrecto considerar que la teoría de la información social se debe limitar a interpretar el concepto cibernético de información; pero es evidente que el concepto de información no es idéntico a la comprensión cibernética de la información. La crítica desde abajo ha señalado que el concepto de información se utiliza en las ciencias sobre la naturaleza inorgánica, pero aún en el caso de que se llegase a mostrar que el concepto de información no se puede aplicar a esta esfera de la realidad, esto en forma alguna significaría que el concepto de información posee aquí un contenido exclusivamente cibernético,

Además del tratamiento limitado de la información, existen otros muy amplios: por ejemplo, aquel que considera a la información como una categoría filosófica. Este último punto de vista fue seriamente criticado en algunos trabajos de P. V. Kopnin y de otros autores. Sería un error de significación no ver en estos criterios amplios cierto fundamento objetivo, el hecho de que este concepto, por la amplitud de la esfera material de su aplicación, había rebasado los marcos de las ramas particulares del conocimiento para adquirir significado científico general. Hoy día son cada vez más los investigadores que mantienen el carácter científico general del concepto de infor-

mación, independientemente de su filiación partidaria, o de los criterios amplios o las posiciones que consideran que la información surge solamente de la naturaleza viva.

No obstante, es incorrecto pensar que el problema de la información está resuelto ya en la ciencia contemporánea; en realidad, muchos de sus problemas provocan aún discusiones, sobre todo el referente al campo material del concepto de información: ¿es ella una cualidad de todos los objetos materiales, o sólo de los vivos autorregulables o, exclusivamente, de los seres conscientes? Por cierto, como ha observado V. G. Afanasiev, "el problema del grado de generalidad del concepto 'información' es uno de los principales y, posiblemente, el más discutido".[11] Todos los problemas en discusión, de una u otra manera, influyen sobre la definición y la clasificación del concepto de información y provocan su polivalencia. En la ciencia actual existe una gran diversidad de significados para la palabra información; entre los principales se pueden mencionar los siguientes: 1) comunicación, reporte sobre la situación de los hechos, informe sobre algo trasmitido por los hombres; 2) incertidumbre disminuida o eliminada como resultado de la recepción de una comunicación; 3) comunicación indisolublemente vinculada al control, señales dentro de una unidad, características sintácticas, semánticas y pragmáticas; 4) trasmisión, reflejo de la diversidad en cualesquiera objetos materiales e ideales.

Entre las definiciones del concepto de información antes señaladas, consideramos como de mayores perspectivas las que se basan en la categoría de diversidad, desarrollada por el cibernético y biólogo inglés W. R. Ashby (1956), y en la de reflejo como propiedad de toda la materia, que fue propuesta y fundamentada por primera vez por los filósofos soviéticos. Sin embargo, la situación es tal, que en la actualidad no existe una definición general única del concepto de información, reconocida por todos; además de las señaladas, existen varios centenares de definiciones que se contradicen y excluyen mutuamente, lo cual es expresión de la etapa de establecimiento de las concepciones sobre la información en la ciencia presente, y de la amplia utilización de los procesos informativos en la técnica y otras esferas de la actividad humana.

2. EL ENFOQUE INFORMATIVO EN LA CIBERNÉTICA

La cibernética es una ciencia o disciplina científica que estudia las leyes y rasgos generales de la comunicación y el control informativo en cualesquiera sistemas —aunque son los dinámicos complejos los que revisten mayor interés—. Existen incluso definiciones del objeto de la cibernética en las que el aspecto informativo es colocado en un primer plano. Por ejemplo, Kolmogorov, en su prólogo al libro de Ashby, señala que "la cibernética se ocupa del estudio de los sistemas de cualquier naturaleza, capaces de recibir, conservar y procesar información y utilizarla para el control y la regulación".[12] La definición de Glushkov se aproxima a la anterior, aunque es menos amplia que la ofrecida por Kolmogorov: "la cibernética es la ciencia sobre las leyes generales de procesamiento de información en sistemas de control complejos".[13]

La definición dada por Kolmogorov la consideramos equivalente, en el plano informativo, a la propuesta por Wiener, aunque con la siguiente reserva: pueden considerarse semejantes, si tenemos en cuenta que el concepto central de la cibernética es el de la información, por lo que el sustrato básico de los procesos cibernéticos está constituido por la información. No está excluido que se descubra algo nuevo y relativo a la esencia de los procesos cibernéticos, aunque irreducible a las formas señaladas del movimiento de la información. Pero en la etapa actual de desarrollo de la cibernética, deben ser considerados todos los procesos informativos que transcurren en los sistemas vivos y sociales, incluidos los mecanismos técnicos creados por estos últimos.

Wiener poseía una visión informativa de la cibernética, aunque no se planteó especialmente el problema de la medida en que los procesos informativos incluyen a los cibernéticos; simplemente los consideraba idénticos. El desarrollo actual de la ciencia ofrece más argumentos en favor de la definición informativa del objeto de la cibernética como la más perspectiva, pues brinda la posibilidad de revelar la verdadera unidad de los procesos cibernéticos. El concepto de información en la cibernética es la categoría central —aunque no exclusivamente específica de la cibernética—, que permite realizar exitosamente la síntesis del conocimiento en esta ciencia y contribuye a formarla como ciencia única.

Al señalar que el enfoque informativo en la cibernética es de gran utilidad en la elaboración de esta disciplina científica, no lo consideramos de forma alguna como el único posible.[14] Los medios matemáticos de la cibernética no utilizan sólo las concepciones teórico-informativas, aunque tienden a ellas en uno u otro grado. El concepto mismo de información —cantidad de información— penetra con amplitud creciente en la matemática, lo que, a su vez, extiende su utilización en la cibernética teórica, aplicada y técnica. Teniendo en cuenta la dinámica del movimiento del concepto de cantidad de información desde la cibernética a la matemática, y a la inversa, puede llegarse a la conclusión de que el núcleo que caracteriza específicamente a los medios matemáticos de investigación de los procesos de control y comunicación lo constituyen los métodos informativos.

Una conclusión análoga se logra en relación con los métodos de la cibernética que no tienen origen matemático: el método funcional —macroenfoque, método de la "caja negra"— y la modelación. Éstos están totalmente fundamentados en el procesamiento de información y no en cualquier otra propiedad de la materia, y por su esencia son también variantes del enfoque informativo o, en todo caso, están muy vinculados a él.

El objeto y los métodos de la cibernética pueden examinarse como objeto y métodos de una orientación científica única, desde el punto de vista informativo. Esta unidad del conocimiento no ha alcanzado aún el grado de perfección de la física, donde esta unidad se basa en el concepto de energía;[15] sin embargo, todo nos dice que el concepto de información desempeñará en el futuro el papel de concepto central sintetizador. En su forma actual —y, sobre todo, en el futuro—, la cibernética no es una idea, como en los primeros años de su aparición, ni tampoco una concepción con métodos investigativos pocos relacionados en el plano matemático, sino una orientación científica que adquiere su auténtica unidad. El símbolo de ella es el concepto de información y todo el complejo de medios investigativos con él relacionado.

La cibernética, como disciplina científica en proceso de desarrollo, incluye una serie de teorías, en las que se pueden destacar ciertos procesos integradores que contribuyen a la formación de la unidad de este campo del conocimiento científico. En el presente trabajo nos detendremos exclusivamente en aquellos aspectos de la síntesis del conocimiento en la cibernética que expresan la unidad de los procesos cibernéticos cen-

trales: el control y la comunicación en las formas biológicas y social del movimiento de la materia. Esta orientación de la síntesis de los conocimientos de los procesos de comunicación y control fue señalada a nivel de contenido, en el libro de Wiener, y más tarde se demostró que sólo puede ser fructíferamente realizada como consecuencia de la utilización del enfoque informativo en cibernética, propuesto por Wiener, y desarrollado sustancialmente por Ashby.

El enfoque informativo en la cibernética no es idéntico a la propia cibernética, aunque ofrece, en nuestra opinión, aspectos muy esenciales que pueden expresar la unidad real y no falsa —sistémica y no mecánica— del conocimiento cibernético. El desarrollo concreto de la "visión" informativa general de la cibernética, su explicación matemática más importante, es la teoría informativa del control, surgida en los últimos años y sujeta a un desarrollo intensivo, en el cual se materializa la síntesis del conocimiento sobre el control y la comunicación no sólo a nivel de contenido, sino también formal, sobre la base de conceptos probabilístico-estadísticos exactos y otros de cantidad de información. El progreso ulterior de la teoría informativa del control abre amplias perspectivas al establecimiento de la cibernética como ciencia integral y a la utilización de sus conquistas en la economía nacional y en otras esferas de la actividad humana.

La elaboración de la teoría informativa del control,[16] en los marcos de la cibernética técnica, constituye una materialización concreta, en el nivel teórico-formal del conocimiento, de la unidad de los procesos de comunicación y control. En este caso se presupone que existe un concepto, que no es otro sino el concepto de información, el cual nos permite sintetizar el conocimiento sobre la comunicación y el control.

Esto implica que el concepto de información sea más general y, en determinado aspecto, de mayor contenido que los conceptos de comunicación y de control.

Para poder utilizar los métodos teórico-informativos al estudiar los sistemas de control, es preciso tener presente tanto sus semejanzas como sus diferencias. El establecimiento de los factores comunes es la base para utilizar los medios de la teoría de la información, mientras que el estudio de las diferencias obliga a modificar y desarrollar estos métodos.

Viene al caso señalar que, en la utilización de los medios de la teoría de la información para el análisis de los procesos de control, los criterios sistémicos desempeñaron un importante

papel: "de acuerdo con el enfoque sistémico, debe lograrse la definición de las posibilidades límites de los elementos de un gran sistema —de los sistemas de comunicación y control— sobre la base de una teoría única".[17] Sin embargo, estas consideraciones sistémicas no indican unívocamente que el método teórico-informativo es el único de valor.

Otros momentos básicos para el desarrollo de la teoría informativa del control fueron las ideas de Ashby, ya citadas sobre la posibilidad de construir de forma "diferente" la cibernética. En este caso, según el libro de Ashby, se partía del hecho de que la diversidad era el concepto fundamental de la cibernética, al tiempo que mostraba que los procesos de comunicación pueden interpretarse como trasmisión de la diversidad, y el control, como limitación de ella. También es importante el hecho de que Ashby mostrara la correspondencia entre una de las leyes más importantes del control —la ley de diversidad necesaria— y el conocido décimo teorema de Shannon, en el cual se señala que la cantidad de ruido eliminado en el canal de corrección está limitado por la cantidad de información que puede ser transmitida por este canal.

Es necesario destacar también el papel desempeñado en el plano metodológico por las consideraciones filosóficas que relacionaban la información con los conceptos de reflejo y diversidad, así como de la afirmación sobre el carácter objetivo de la información a que se atenían Wiener y Shannon. Este último subraya que la idea fundamental de la teoría de la comunicación consiste en que ésta puede tratarse casi de la misma forma que las magnitudes físicas de masa y energía. Los autores de la teoría informativa del control observan que

> la trasmisión de la diversidad en un sistema de control no está directamente relacionada con la trasmisión de energía de un elemento a otro. Al mismo tiempo, la modificación de la diversidad de cada elemento está condicionada por la transformación de su estado energético. Esto permite examinar la valoración de la diversidad en la dinámica, como característica de una esencia material, poseedora de las leyes de la conservación (...). El enfoque informativo ofrece un punto de vista único sobre todos los tipos de control, independientemente de sus objetivos y del tipo de control del sistema.[18]

Para describir los procesos informativos en los sistemas de control, resulta insuficiente la concepción de la información como algo que se crea a partir de la interacción de un sistema de autorregulación con el medio circundante. Esto está relacionado, en primer lugar, con el hecho de que, en esencia, la cibernética técnica actual no investiga y proyecta sistemas de autorregulación y, en segundo término, si la información se concibiese como algo surgido en el proceso de interacción con el objeto de control, no estaría claro cómo realizar esta concepción metodológica en las elaboraciones teóricas de la cibernética técnica. No excluimos esta última posibilidad y, caso que fuera realizado por alguien, ello no significaría otra cosa sino que el conocimiento cibernético puede ser construido en el plano metodológico sobre dos conceptos diferentes de la información, aunque, si esto fuera así, no significaría aún el fin de la discusión, y ni siquiera se podría determinar cuál de las concepciones es la más fructífera.

Sin embargo, aunque no excluimos esta última posibilidad, de todas formas partiremos de las proposiciones admitidas en la teoría informativa del control que consideran que la información es tan objetiva como la energía o la masa. En tanto se presupone que el estado de un objeto de control puede caracterizarse por la diversidad, entonces

> la cantidad de diversidad internamente inherente a un objeto o sistema finito siempre estará limitada a un determinado nivel de investigación, y puede ser definida sobre la base del principio del umbral de distinción. El proceso de reflejar la diversidad del objeto por cierto sujeto, puede examinarse como trasmisión de la diversidad del primero al segundo. Este último, debido a la capacidad de diferenciación determinada por el llamado umbral utilitario de la distinción, y también como consecuencia de un determinado tipo de limitaciones —ruidos, interferencias, etcétera—, puede reflejar una cantidad menor de diversidad. La limitación de la diversidad debe corresponder a la disminución de la cantidad de información. Debido a que el cálculo de la cantidad de información depende con frecuencia no sólo del objeto investigativo, sino del método de cómputo escogido, como resultado de la relatividad de las medidas de información introducidas, surge el problema de la búsqueda de inva-

riantes que ofrezcan valoraciones objetivas de la cantidad de información en los sistemas.[19]

Bajo semejante enfoque del estudio de los procesos de control, el estado del objeto de control se convierte en el concepto primario, el cual —como el concepto de conjunto en matemática— sirve de concepto inicial. Este concepto, como el de conjunto, se define con ayuda de las categorías de semejanza y diferencia. Por ejemplo, Ashby entiende por estado del sistema la condición o propiedad precisamente definida que puede ser conocida si se repite de nuevo. De acuerdo con esta definición del estado del objeto de control, ella puede relacionarse con aquellas características que cambian al modificarse este estado. Es por ello que toda definición de aunque sólo sea un estado, presupone esta diferencia con respecto a cualquier otro del mismo objeto. La distinción entre un estado del objeto de control y otro, se caracteriza mediante el umbral físico límite, es decir, por una determinada magnitud finita. En caso contrario, si esta diferencia es menor, el estado no es diferenciable. El umbral de diferenciabilidad de los estados es, por su naturaleza, una característica objetiva, que depende tanto del objeto de control como de las condiciones circundantes; posee determinados valores experimentales y es imposible disminuirlo hasta cero.

La introducción de los umbrales de diferenciabilidad posee entonces su fundamento en el sujeto y en el objeto de control. En esencia, se trata de uno de los procedimientos para la simplificación de los sistemas en el proceso de investigación, cuando se toma la diversidad sustancial para el control y se hace abstracción de lo no esencial; en este caso esta simplificación no se basa en circunstancias subjetivas, sino objetivas. Sin la introducción del umbral de diferenciabilidad habría que vérselas —en condiciones de eliminación de las interferencias y los ruidos— con un número infinito de estados, lo que perdería todo sentido práctico. Por esta razón, el procedimiento gnoseológico para eliminar la infinitud de la diversidad de estados, como resultado de haber introducido el umbral de diferenciabilidad, que simplifica el cuadro real, constituye el único posible; ese procedimiento posee su fundamentación ontológica en la presencia de influencias esenciales e inesenciales, de lo discreto y lo continuo, la determinación y la indeterminación, etcétera. Todo parámetro del objeto de control siempre mues-

tra dos valores que serán indiferenciables y, por ello, inesenciales al proceso de control.

> Por consiguiente —señalan los autores de la teoría informativa del control—, toda la diversidad de las coordenadas, las influencias, los parámetros o los estados del objeto son finitos, por grandes que sean. Precisamente por esto, en la base de la teoría informativa del control debe situarse el concepto de estado del objeto con la incertidumbre que tiene lugar en los sistemas físicos reales. Semejante enfoque general de los sistemas de control resulta posible sobre una base teórico-informativa. La teoría de la información, al igual que la física estadística y gracias a sus métodos y generalizaciones, permite investigar objetos de naturaleza muy compleja, en modelos matemáticos relativamente simples y visuales.[20]

En la teoría informativa del control, éste se contempla como un proceso de limitación de la diversidad del objeto controlado, como la estabilización de sus parámetros en un campo dado. Para ello, conforme a la ley de diversidad necesaria, la diversidad de la acción controladora deberá ser igual o mayor que la diversidad de la perturbación, y la medida de la calidad del control la constituirá el grado de limitación de la diversidad de los estados del objeto.

También debe prestarse atención a que el enfoque informativo del control no elimina ni sustituye los enfoques antes utilizados, ni cualesquiera otros. Se trata simplemente de complementar los medios tradicionales para la investigación del control con los informativos, los cuales, en determinadas situaciones cognoscitivas, resultan muy efectivos, pues permiten simplificar de forma consciente, y apoyándose en las características objetivas de los sistemas cibernéticos complejos y del medio que los circunda, el cuadro real, eliminando detalles y particularidades que resultan insustanciales en una u otra etapa de la investigación. La toma en consideración de la diversidad de factores de la actividad real de los sistemas cibernéticos en la etapa inicial de estudio y proyección resulta simplemente innecesaria, pues, para decirlo figuradamente, en este caso sería imposible ver el bosque tras los árboles.

Por esta razón, el enfoque informativo antes descrito, que se basa en los principios de "discretización" y diversidad, brinda la posibilidad, sin entrar en detalles secundarios, de distin-

guir lo fundamental y sustancial en los sistemas complejos de control. Es perfectamente comprensible que en ese caso algunas particularidades incluso cualitativas de estos sistemas se pierdan de vista y no encuentren reflejo en la etapa inicial de la investigación; de la misma forma, no pueden "asirse" las autofluctuaciones en los sistemas no lineales cuando se presentan como lineales. Sin embargo, vale la pena disminuir el umbral de diferenciabilidad, es decir, contemplar así un número mayor de "detalles" del sistema para que el cuadro resulte más adecuado, y, mediante semejantes acercamientos, poder investigar los procesos de control más ricos y complejos. En toda una serie de casos, el enfoque informativo para la investigación de sistemas de control ha resultado muy prometedor y efectivo. Todo esto permite suponer que su desarrollo ulterior y perfeccionamiento permitirán convertirlo en un instrumento útil para el incremento del conocimiento cibernético.

Por último, es necesario señalar que la variante —discutida por nosotros— de la teoría informativa del control es la más completa, pero, como señalan sus propios autores, es sólo el primer paso en el camino de la descripción informativa del control de sistemas dinámicos complejos. Esta variante propone un lenguaje único para la descripción matemática de la comunicación y el control informativos, aunque todavía en el nivel sintáctico. Aquí, como sucedió antes en la cibernética teórica y técnica, los aspectos semántico-pragmáticos no se han investigado aún en forma suficiente.

Hasta hace poco, los aspectos semántico-pragmáticos de la información se formalizaban con mayor frecuencia sólo como momentos de la actividad humana, y su reevaluación en un plano más amplio, de forma que los resultados puedan ser utilizados en la cibernética técnica, marchan con relativa lentitud. Por ello no asombra que en la teoría informativa del control se utilizaran sobre todo los resultados del análisis sintáctico del problema de la información, y esto, en nuestra opinión, constituye un paso importante en el desarrollo de la cibernética técnica.

Más arriba, hemos tratado la variante de construcción de teorías informativas que marchan del "lado de la técnica"; de ahí la acentuada atención a las particularidades sintáticas y estructurales de los procesos de control. Simultáneamente, en los últimos tiempos comienzan a elaborarse también variantes de la concepción informativa del control, en las cuales el movimiento del conocimiento marcha "del lado del hombre", toman-

do en consideración sus objetivos y criterios al seleccionar las decisiones de regulación.[21] Pensamos que el desarrollo y la síntesis de estos dos enfoques conducirá a la creación de teorías cibernéticas de un contenido más profundo.

Ahora examinaremos brevemente los enfoques informativos del análisis de las decisiones de control elaboradas en la teoría de la investigación de operaciones.[22] Para ser más precisos, diremos que aquí existen también dos enfoques, uno de los cuales está relacionado con el intento de difundir las ideas de las teorías de la información al proceso de toma de decisiones, mientras que el otro se relaciona con la teoría de los juegos y las decisiones de consideraciones teórico-informativas. Estas dos orientaciones investigativas juntas permiten la creación de una concepción informativa de las decisiones reguladoras (que controlan).

Ya Wiener, al analizar los trabajos que habían aparecido en este campo, observó que el "mensaje es un juego que se realiza de acuerdo a quienes lo hablan y sirve contra las fuerzas del desorden, representadas por las dificultades habituales del mensaje y por ciertas personas presupuestas que intentan obstaculizarlo".[23] La concepción de la trasmisión de información como juego exige la introducción en las ideas de Shannon de otras ideas relacionadas con la teoría de los juegos y las decisiones. De la misma forma, como la aplicación de las concepciones informativas en la teoría del control automático exigió la introducción de conceptos relacionados con la cantidad de información y su "modernización", la utilización de consideraciones informativas en la teoría de los juegos —o de ideas teóricas de juegos en la teoría sobre la trasmisión de información— conduce a nuevas representaciones sobre las medidas de la información. Por ejemplo, existen variantes del modelo informativo de los juegos para dos personas, donde se introduce la medida de la información, que incluye, tanto el aspecto cuantitativo de la información, dependiente de salidas probabilísticas, como el cualitativo, basado en el concepto de utilidad de la teoría de los juegos.

Es comprensible que en situaciones reales se produzcan casos en que sea importante considerar el valor y la cantidad de la información trasmitida, aunque también son frecuentes las variantes en que la cantidad de información no es esencial. "El valor de la información —escribe Kishaniavski— depende de la utilidad que ofrece esta información para la toma de decisiones: el mismo puede determinarse sin recurrir

a la cantidad de información."[24] Por esta razón, es frecuente que los modelos de toma de decisiones consideren, en lo fundamental, las características cualitativas de la información, abstrayéndose de su cantidad.

Estas dos orientaciones hacia la introducción de concepciones informativas en el análisis de las decisiones reguladoras (y también, parece ser, de concepciones semánticas) permitirán crear en el futuro una teoría cibernética en la cual la unidad de la información y el control se transformará, de consideración metodológica general, en aparato matemático explicitado, en "funcionamiento".

3. LA CATEGORÍA DE REFLEJO, FUNDAMENTO METODOLÓGICO DEL ENFOQUE INFORMATIVO

Los filósofos marxistas, partiendo de la idea de Lenin de que el reflejo es una propiedad inherente a toda la materia, llegaron a la conclusión fundamental de que la información está indisolublemente relacionada con el reflejo. No obstante, el problema de la correlación concreta entre el reflejo y la información no tiene hasta el momento una solución única; al respecto existen diferentes criterios, desde la identificación de éstos hasta la posición que mantiene la posibilidad de la existencia externa de la información respecto del reflejo. Como toda exageración, esos puntos de vista extremos han sido refutados hoy por la ciencia y, como concepciones fundamentales y más difundidas, han quedado las que pueden llamarse "aspectual" y "genérica". En la concepción "aspectual", la información se presenta como un aspecto —el cual todavía no precisamos— de cualquier tipo de reflejo en la naturaleza y la sociedad. La concepción "genérica" se basa en "una definición de la información como un tipo de reflejo, precisamente como reflejo activo, orientado a un fin. La utilización del reflejo para los fines del control actúa como criterio de racionalidad."[25]

Estas dos concepciones que correlacionan reflejo e información dependen fundamentalmente de la interpretación del fenómeno de la información como una cualidad, bien de todos los sistemas materiales, o bien de los autorregulados exclusivamente.[26]

Aquellos autores que mantienen el punto de vista de que la información es una cualidad de todos los sistemas materiales, se apoyan por regla general en las teorías matemáticas de la

información que investigan, en lo fundamental, el aspecto sintáctico de la información, y en la aplicación de los procedimientos teórico-informativos de la investigación en las ciencias de la naturaleza inorgánica.

Por el contrario, aquellos que consideran que el fenómeno de la información surge sólo a nivel de la materia viva, se basan en la afirmación de que la información existe sólo en la unidad de todas las características semióticas; las más importantes son las semánticas y las pragmáticas.

La discusión que los filósofos marxistas mantienen sobre la esfera material del concepto de información está estrechamente vinculada a la comprensión del propio concepto de información, como propiedad o como relación.[27] Es evidente que el alcance metodológico de las conclusiones a que llegan los diferentes autores estará estrechamente vinculado a su concepción concreta del concepto de información.

En otros casos las conclusiones metodológicas se han vinculado a otras posibles interpretaciones de la información, por ejemplo, a aquella que la considera como un atributo de toda la materia, o como una función de los sistemas autorregulados. Sin embargo, no estamos de acuerdo con las denominaciones dadas a esas dos concepciones, que gozan de amplia difusión. El problema consiste en que la concepción atributiva no excluye que la información se interprete también como propiedad funcional inseparable, inherente a su determinado aspecto de todos los procesos de reflejo. Pero los partidarios del enfoque "funcional", también como norma, conciben la información como un atributo o propiedad específica de los sistemas autorregulados y autoorganizados.[28] Es decir, este enfoque resulta atributivo, aunque no en los marcos de todos los sistemas, sino sólo de los autorregulados —el concepto atributo expresa no solamente una propiedad inseparable de la sustancia, sino la propiedad esencial de cualquier objeto—. El carácter incorrecto de la división en enfoques atributivo y funcional, a pesar de la difusión que ha recibido esta clasificación, se ve reforzado por el hecho de que, como dijimos antes, en la concepción "funcional" la información se concibe realmente no como propiedad de los sistemas autorregulados, sino precisamente como relación, a pesar de que sus partidarios definen la información como una propiedad.

En forma más precisa —aunque no total—, la concepción "funcional" pudiera denominarse "concreto-semiótica", tenien-

do en cuenta que su orientación fundamental está dirigida hacia los datos de la cibernética y la semiótica. Pero en este caso, es también evidente la condicionalidad de semejante denominación, pues la mayoría de los partidarios de la concepción funcional se orientan también hacia los sistemas autoregulados, mientras que la cibernética técnica trata, como sabemos, de sistemas no autorregulados.

Es por ello que en los marcos de la concepción funcional existen variedades, como la "reguladora", donde la información está indisolublemente ligada con el control; la "autorreguladora", en la cual esta relación se da únicamente con la autorregulación; la "semiótica", donde la información se sitúa en unívoco vínculo con la unidad triple de las características semióticas.

El sostén del enfoque funcional de la información en los datos de la cibernética resultó "inestable", no sólo debido a la suposición, excesivamente rigurosa, del vínculo de la información con la autorregulación, lo que, como es natural, excluye en cierto grado los sistemas cibernéticos técnicos que funcionan actualmente, de la esfera de los procesos informativos independientes. La circunstancia de que el enfoque funcional no "derive" unívocamente de los datos de la cibernética, fue demostrada por una teoría cibernética moderna como la teoría informativa del control, que se basa en la información como propiedad de todos los sistemas materiales y que vincula la comprensión de la información con la diversidad.

No es de la cibernética de donde proviene unívocamente una u otra interpretación filosófica de la información, sino, más bien, todo lo contrario, pues la cibernética moderna se basa en la concepción filosófica correspondiente de la información, de su vínculo con el reflejo; concepción que, naturalmente, se encuentra en los marcos del materialismo, pues las interpretaciones idealistas no poseen relaciones ni siquiera indirectas con la ciencia y, mucho menos, con la contemporánea.

La concepción de la información como tipo de reflejo conduce a determinadas consecuencias metodológicas, y en primer término a la necesidad de reexaminar sus relaciones con lo ideal. Así, D. I. Dubrovski desarrolla en algunos trabajos la idea de que "todos los fenómenos psíquicos, que se definen como ideales, no representan otra cosa que información dada a la persona en forma directa, pura".[29] Semejante concepción sobre la naturaleza de lo ideal ha sido criticada.[30] Consideramos que no tiene sentido identificar la imagen psíquica con

la información, pues empobrece considerablemente el concepto de imagen. Dicha identificación resultó posible debido a que D. I. Dubrovski considera que los procesos informativos surgen primeramente sólo en los sistemas autorregulables, donde coinciden con los procesos del reflejo, y actúan como forma del reflejo.

Sin embargo, aunque hemos hecho algunas observaciones críticas a la concepción de la información como tipo del reflejo, no por ello negamos su efectividad metodológica. Incluso, oponiéndonos a la identificación de la comprensión del reflejo altamente activo con la información, admitimos de todas formas que la concepción de la información, como tipo de reflejo, orienta en cierto sentido el estudio de las formas superiores de éste, incluyendo el fenómeno de lo ideal, y alcanza incluso a aclarar, aunque de forma simplificada, su especificidad, mediante métodos cuantitativos y teórico-informativos, lo que no es nada despreciable.

Por cierto, la concepción de la información como aspecto del reflejo —sin reducir la información al reflejo, incluso en sus manifestaciones superiores— orienta también a los investigadores por esta dirección. Entre otras innovaciones metodológicas de la concepción sobre la información como aspecto del reflejo, podemos nombrar las siguientes:

En primer lugar, fue precisamente la concepción de la información como un aspecto inseparable del reflejo[31] —que reconocía simultáneamente la universalidad de estas propiedades, su extensión a todos los sistemas materiales— la que condujo a la idea de la información como categoría científica general y sirvió de estímulo al estudio de los conceptos y categorías científicos generales. En esencia, las categorías científicas generales están más estudiadas en el ejemplo de la información —lo mismo que los enfoques científicos generales lo están en el ejemplo del enfoque informativo y sistémico.

En segundo lugar, resultó posible el enfoque informativo de los problemas del desarrollo, tanto de la naturaleza orgánica e inorgánica como de la sociedad.[32]

En tercer lugar, la extensión de las concepciones de la información, como aspecto del reflejo, a la información social, llevó a la conclusión de la existencia de la información social y material y creó posibilidades para el análisis del aspecto informativo de la cultura material y espiritual.[83]

En cuarto lugar, sobre la base de esta concepción fue posible dar una solución metodológica al problema de la incertidumbre de la información científica,[34] el cual había sido ya planteado por Brilluen, aunque no pudo resolverlo, en términos generales, por haber seleccionado en forma incorrecta los orientadores metodológicos. Podrían señalarse otras consecuencias metodológicas de la concepción sobre la información como aspecto del reflejo, aunque fueron obtenidas en el marco de una concepción más estrecha de la información como variedad del reflejo, de lo cual trataremos en el siguiente epígrafe.

Debido a que, por los datos de la cibernética o las ciencias naturales, no se llega a conclusiones unívocas sobre si existe o no información en la naturaleza inorgánica, o si ella es un aspecto o una forma del reflejo, el papel decisivo en la solución de esta cuestión lo desempeñan entonces, en lo fundamental, los argumentos filosófico-metodológicos (aunque la aplastante mayoría de los científicos, como se reconoce en la literatura, se inclinan a pensar en la universalidad de la información). Mientras tanto, la concepción sobre la universalidad de la información y su admisión como aspecto del reflejo es la más elaborada y la que posee un mayor número de consecuencias metodológicas que evidencian su efectividad. Pero sería precipitado y peligroso monopolizar sobre esa base ese punto de vista y detener así la discusión sobre estos problemas. La discusión que tiene lugar actualmente brinda frutos e impele a los partidarios de uno u otro punto de vista, bien a reforzar su argumentación, bien a "entregar" posiciones en determinados problemas. Por ahora estas discusiones poseen cierto carácter "simétrico": si algunos científicos reprochan a los funcionalistas su posición de vincular rígidamente la información con el control, y la identificación de la información con las formas superiores del reflejo, no es menos cierto también que a los atributistas se les acusa de absolutizar el vínculo de la información con la diversidad, la estructura. Por ahora, estos reproches son inevitables y encuentran fundamentos objetivos en el vertiginoso desarrollo del concepto de información; la polémica marcha, en lo fundamental, por el camino de la concreción de las opiniones sobre el vínculo entre reflejo e información.

En el curso de las discusiones se va produciendo la ulterior diferenciación de los puntos de vista dentro de un mismo enfoque, al igual que los procesos de acercamiento e integra-

ción entre concepciones contradictorias. Por ejemplo, en los últimos años, y dentro de los límites del enfoque atributivo, aparecieron diferentes variantes en las concepciones de distintos autores, e incluso en el proceso de desarrollo de las de un mismo autor.

Unos autores insisten en que la información es un atributo de la materia, semejante al espacio, al tiempo, al movimiento; y en este caso el concepto de información actúa a título de categoría filosófica. Otros, aunque subrayan la indestructible relación entre el reflejo y la información, no consideran que ésta sea un atributo de la materia, sino exclusivamente una característica sistémica. Existe una concepción que hasta cierto punto unifica los enfoques "atributivo" y "funcional-cibernético" al distinguir la información "no cibernética" en la naturaleza inorgánica y la "cibernética" en la orgánica y la sociedad.

Se producen otros procesos de acercamiento entre puntos de vista que parecían opuestos. Por ejemplo, en los últimos tiempos, la concepción de la información como una de las categorías científicas generales se convirtió en una plataforma general de mucha perspectiva. El carácter científico general de la categoría de información se manifiesta, en primer lugar, en que se utiliza cada vez más en diferentes ciencias; en segundo lugar, en que su contenido general y los métodos matemáticos que están relacionados con él, se abstraen de campos materiales concretos y, por último, en que cumple, como todo concepto científico general, un conjunto de importantes funciones gnoseológicas de carácter científico general.[35]

La unificación de las diferentes concepciones sobre la naturaleza de la información y su vínculo con el reflejo sobre la base de su consideración científica general, no carece de fundamentos. Si la información se concibe como un aspecto del reflejo y una propiedad de todos los sistemas materiales, en este caso el carácter científico general posee un basamento ontológico y lo científico general actúa como expresión de la universalidad de la información. Sin embargo, en caso de que la información se considere exclusivamente una forma del reflejo relacionada con los sistemas autorregulables, se liberarán determinadas posibilidades de interpretación de la información desde posiciones científicas generales. Los fundamentos de semejante interpretación son entonces gnoseológicos: debido a que el conocimiento es un tipo de reflejo relacionado con el control, a partir de esas consideraciones la información

puede considerarse categoría científica general y el enfoque informativo, enfoque científico general. Por cierto, la información y el enfoque informativo, como fenómenos científicos generales en formación, sólo han comenzado a ser estudiados, aunque la idea misma de la correlación entre las categorías de reflejo e información como concepto filosófico y científico general, la consideramos muy productiva y "conquista", gradualmente, un número cada vez mayor de partidarios.

4. INFORMACIÓN, REFLEJO, DIVERSIDAD

Después de tratar los problemas generales de la correlación entre información y reflejo, y una vez señalado el carácter polémico de las concepciones sobre esa correlación, nos detendremos en una de ellas, que nos parece de las más argumentadas.[36] Se trata de la concepción que examina la información como el vínculo esencial entre el reflejo y la diversidad, es decir, se basa en el hecho de que la información expresa aquel aspecto del reflejo constituido por la diversidad.[37]

Esta conclusión tuvo como fundamento la concepción de la información como diversidad —desarrollada en los trabajos de Rashevski, Ashby y Zeman—, difundida en los enfoques no estadísticos con el fin de definir el concepto de cantidad de información, como resultado de una unificación de las concepciones que vinculaban el reflejo con la información y la información con la diversidad.

De acuerdo con la concepción sobre la diversidad, la información existe allí donde hay diversidad, diferencia. Si dos objetos —o sus propiedades, vínculos, relaciones— se diferencian, el conjunto de ellos contiene dos elementos con diversidad. La unidad de medición más simple de la información es la diferencia elemental, es decir, la diferencia entre dos objetos. Cuantos más sean, en un conjunto, los elementos diferentes entre sí —y en este caso el concepto "elemento" debe ser considerado de manera ampliada: no se trata de determinados objetos solamente, sino también de relaciones, vínculos, etcétera—, más información contendrá ese conjunto. La información surge cuando dos objetos se diferencian, y desaparece cuando se identifican. Por ejemplo, si en una caja hay dos bolas que se diferencian por su color, su conjunto dispone de una diversidad con una cantidad de información ascendente a un *bit* (unidad binaria de la información). Si las bolas

no se distinguen por su color, se dirá que en esta relación el conjunto, en lo que al color se refiere, no contiene información.

Es claro que semejante comprensión de la información sobre la base de las categorías de diferencia, diversidad, resulta muy amplia, pues puede caracterizar, tanto los procesos probabilísticos de conservación y trasmisión de mensajes y control —procesamiento de información—, como los no probabilísticos.

En la variante probabilística, al conjunto con una diversidad de dos elementos corresponde un conjunto en el cual la probabilidad de seleccionar un elemento es igual a la mitad. Con frecuencia hacemos preguntas que admiten exclusivamente respuestas de "sí" o "no"; en este caso las probabilidades pueden ser positivas o negativas, y las respuestas son frecuentemente iguales: por ejemplo, deseamos saber cómo terminó el campeonato mundial de ajedrez. En todos estos casos la cantidad de información obtenida es igual a un *bit;* para ser breves, el *bit* funciona como la medida mínima posible de diferencia, de diversidad de los elementos del conjunto, de sus probabilidades, caso que se trate de ello.

En resumen, de acuerdo con la concepción aquí expuesta, la información existe allí donde hay diferencia. Pero la información no es diferencia. La introducción de uno u otro concepto sería innecesaria e inútil si tiene como fin exclusivo la sustitución de conceptos anticuados. Por esta razón, el concepto de información no puede sustituir al de diferencia. La información no es diferencia, aunque la diferencia, la diversidad, constituye la base objetiva de la información. La comprensión general de la información debe incluir el rasgo diferenciador entre los conceptos de información y diversidad.

Esta propiedad, que diferencia la información en esa variante de su correlación, es el reflejo. El reflejo es un atributo de la materia y consiste en que, como resultado de la interacción de los sistemas materiales, el contenido —la estructura, la particularidad— de un sistema se reproduce de otra forma en otro sistema. La comprensión del reflejo está relacionada con la idea de correspondencia, de identificación concreta de dos sistemas, que se manifiesta como resultado de su interacción.

Es perfectamente comprensible que en el reflejo se produzca la trasmisión de la diversidad desde un objeto interactuante a otro, caso en el cual ella cambia de forma. Para decirlo en

el lenguaje de la teoría de la información, se produce una recodificación de la diversidad, la cual, al cambiar de forma, conserva el contenido, la identidad concreta de los sistemas interactuantes.

Ya por sí misma, la trasmisión de diversidad de un objeto a otro, que se manifiesta en los procesos estadísticos y unívocamente determinados, manifiesta su vínculo con el reflejo. Inicialmente, el reflejo se examinaba e investigaba como proceso cognoscitivo, como reproducción del objeto por el sujeto. Más tarde, cuando Lenin generalizó este concepto hasta convertirlo en propiedad universal de la materia, se desplegaron amplias perspectivas para revelar nuevas formas de reflejo, tanto en los sistemas orgánicos e inorgánicos, como en la sociedad. Entonces resultó posible examinar, no sólo los procesos de obtención de nuevos conocimientos como procesos reflejos, sino también la trasmisión de este conocimiento de un hombre a otro, es decir, procesos que desde hace tiempo se consideraban informativos, de trasmisión de información. Dicho enfoque brindó la posibilidad de investigar los procesos informativos como reflejos, y los reflejos, como informativos. Aquí nos enfrentamos al dilema implícito de que hablábamos: identificar estos dos procesos, o considerar uno de ellos —el informativo— sólo como un aspecto del proceso de reflejo.

Si examinamos aquellos procesos multilaterales de reflejo que se producen, por ejemplo, en la ciencia, no será difícil distinguir, además de la producción y trasmisión de nuevos conocimientos, todo un conjunto de otros procesos de reflejo que también poseen aspectos informativos. Pero si en la comprensión del conocimiento científico, la concepción de la información penetra como resultado y sobre la base del concepto de reflejo, en la cibernética no ocurre así, pues precisamente el concepto de información fue el que determinó la posibilidad de interpretar los procesos cibernéticos a partir de la teoría del reflejo. El establecimiento de la intervinculación permitió interpretar también los procesos de movimiento de información de los sistemas cibernéticos a partir de la propiedad del reflejo.[38] Tal "interferencia" mutua entre las concepciones del reflejo y la información ha resultado muy útil, pues además de una nueva confirmación de la interrelación entre reflejo e información, ha puesto de manifiesto y precisado los "mecanismos" concretos y los caminos de ella.

La tesis de la indestructibilidad de los vínculos entre el reflejo y la información ha encontrado confirmación no sólo

en la investigación de los procesos informativos en la actividad científica y los procesos cibernéticos, sino también por estar bastante bien explicados por las teorías matemáticas de la información.

Si la fórmula de la cantidad de información, obtenida por primera vez por Shannon, permitió definir dicha cantidad, por así decir, de forma absoluta, sin relación con otros sistemas, posteriormente surgió una fórmula que mide esta cantidad, aunque contenida en un objeto con respecto a otro. Tal enfoque cuantitativo es el resultado de interpretar la información como algo contenido en algo, y coincide, en general, con la comprensión primaria de la información como noticia —en efecto, las noticias contienen información sobre determinados acontecimientos que ellas reflejan—, y también con las concepciones semánticas de contenido, y otras modernas, de la información. Por ejemplo, en el enfoque algorítmico de la medición de información, se parte de que el programa, el algoritmo, es un objeto que contiene información sobre otro.

Al unificar en un todo ambas ideas básicas de la doctrina sobre la información —las de la diversidad y el reflejo— puede afirmarse que la información, en el sentido más general, es la diversidad que un objeto contiene sobre otro, y por ello, es diversidad mutua y relativa. Desde las posiciones de la teoría del reflejo, la información puede ser representada como reflejo de la diversidad, como aquella diversidad que el objeto que refleja contiene sobre el reflejado, si consideramos la información como resultado, y como aspecto de la diversidad de los procesos de reflejo, que abarcan, además de la diversidad, muchos otros aspectos.[39]

La definición del concepto de información como reflejo de la diversidad es una de las tantas posibles; permite diferenciar el concepto de información, tanto del de reflejo, como del de diversidad. El concepto de información no sustituye al de reflejo; la información no es el reflejo en todo su conjunto de propiedades y aspectos, sino solamente aquel aspecto del reflejo que caracteriza su diversidad. Al mismo tiempo, la información no es diversidad en general, sino precisamente la diversidad reflejada por el objeto, y sólo puede hablarse de información en relación con un reflejo concreto y una diversidad concreta. Por ejemplo, en la diversidad de palabras que constituyen información para el hombre, no existirá información para un organismo unicelular.

La manifestación y utilización de la diversidad únicamente es característica de los sistemas vivos y de los llamados cibernéticos. En la naturaleza inorgánica la diversidad no puede ser separada del reflejo por los propios objetos inorgánicos, por lo que los procesos informativos no son activos.

Otro es el cuadro en el campo de la naturaleza orgánica, donde la forma más elemental y simple del reflejo es la excitación. El rasgo característico de la excitación es la reacción a la acción de otros sistemas, de forma tal que la naturaleza físico-química del excitador no coincide con la misma naturaleza de la reacción. Por ejemplo, en respuesta a la influencia de una sustancia química, los organismos unicelulares pueden ejecutar un determinado movimiento orientado hacia el lado o no del excitador. En las plantas, la reacción es análoga: un crecimiento del lado del excitador o en dirección a él.

En este caso, los sistemas biológicos no reaccionan ante la naturaleza energética o físico-química del excitador, sino ante una característica de él, como es la diversidad. A una diversidad dada de las influencias externas corresponde una determinada conducta, reacción, de los seres vivos. La correspondencia posee aquí una naturaleza informativa; los seres vivos reaccionan ante la diversidad, la separan de todas las demás propiedades de los otros sistemas, o sea, utilizan la diversidad para conservar su existencia.

Los procesos de comunicación basados en la concepción sobre la información como diversidad del reflejo —de diversidad reflejada— se consideran, por su forma, procesos diferentes del reflejo de la diversidad. La trasmisión de la diversidad desde la fuente de información al receptor —como tan bien mostrara Ashby en su libro *Introducción a la cibernética*—, es aquella que tiene como resultado la reproducción, con uno u otro grado de adecuación, de las diferencias del objeto reflejado en el que refleja. Si la trasmisión de información es el reflejo de la diversidad en el espacio, su conservación es la trasmisión en el tiempo. En los procesos de trasmisión y conservación no surge ninguna información nueva de otra diversidad, distinta a la que se encontraba en la fuente; estos procesos marchan con un incremento de la entropía y, en el mejor de los casos —cuando la información se trasmite o conserva completamente—, con la conservación de ella.

A diferencia de aquéllos, los procesos de procesamiento de información, aunque también están subordinados a la segunda ley de la termodinámica, marchan con disminución de

entropía y aparece entonces una nueva diversidad, distinta de la inicial. Esto se debe a que, desde el punto de vista termodinámico, los sistemas de procesamiento de información son abiertos —aunque cerrados para la información— y en estos sistemas la entropía puede disminuir a cuenta de su elevación en el medio exterior que circunda al sistema. La aparición de una nueva información en los sistemas de procesamiento de información —sistemas de control— es el resultado de las operaciones lógicas de síntesis de la información, donde los diferentes tipos de diversidad se unifican y transforman, es decir, en el sistema en cuestión aparecen nuevos vínculos, elementos y relaciones de la información, nacen las relaciones de unificación, diferenciación e identificación de elementos que presentan diversidad.

Si los procesos de comunicación constituyen un proceso de reflejo de la diversidad externa con respecto al receptor de la información, los de control exigen, por lo menos, otro proceso de reflejo de la diversidad, interno y no externo, con respecto al sistema de control. El proceso interno de reflejo —o de autorreflejo— es la reproducción, por el sistema cibernético, de la diversidad dada por el programa, por el objetivo. El proceso de control se manifiesta como la unidad del reflejo exterior e interior que se realiza en los sistemas cibernéticos. Los procesos externos de reflejo son necesarios para la reproducción de la diversidad del medio circundante, mientras que los internos reproducen los objetivos en el comportamiento, el funcionamiento del sistema de control. La comparación de la diversidad interna y externa está orientada a que el sistema de control pueda alcanzar el estado indicado por el objetivo, por el programa, escogiendo la variante óptima en una situación problemática, y disminuyendo la diversidad posible de los objetos de control.

El sistema de control deberá identificar y distinguir, tanto sus estados —del objeto de control— como las influencias del medio externo para, en correspondencia con los criterios y objetivos dados, modificar los estados del objeto de control en la dirección dada —óptima—. Por supuesto, para ello se requieren los correspondientes órganos ejecutores que bloqueen o acepten la diversidad del medio exterior.

Si en los concepciones probabilístico-estadísticas del control se trataba de la selección de decisiones a partir de un conjunto, del control como eliminación de la indeterminación, en un caso más general se considerará el control como la limitación de la

diversidad, como la toma de decisión sobre la base de la comparación y la elección —identificación y diferenciación— del estado del objeto de control, lo que puede alcanzarse introduciendo las medidas necesarias de diversidad, tal como se hace en la teoría informativa del control.

La información no es el producto ni la forma —como se suponía hace sólo unos decenios— de la cultura puramente espiritual de la actividad comunicativa, que actúa exclusivamente como noticia, como mensaje. No obstante, el papel de la información no es igual en las diferentes formas del movimiento de la materia; no se utiliza a nivel de las formas física y química del movimiento. El uso de la diversidad y el reflejo es posible a partir de las formas más simples de vida; y en este caso, con el aumento del grado de organización de los sistemas, crece también el papel de la información para su desarrollo y existencia.

El examen de la información como diversidad de los procesos y del resultado del reflejo se presenta como un caso concreto de la concepción que considera la información como un aspecto del reflejo. Esta concepción se basa en fundamentos y argumentos filosóficos, científico-naturales y cibernéticos y permite interpretar la información como concepto científico general —aunque no filosófico— y el enfoque informativo como uno de los modernos enfoques científicos generales, poseedor de sus explicaciones lógico-matemáticas en calidad de método teórico-informativo. Al mismo tiempo, no es casual que hayamos expuesto esta concepción elaborada detalladamente en muchos de los trabajos mencionados; como conclusión, consideramos que, a pesar de que la consideramos extremadamente fructífera en el aspecto metodológico, no es menos cierto que este punto de vista es sólo uno de los posibles, y en ningún caso excluye otras posibilidades de explicar la correlación entre el reflejo y la información.

Al referirse a las diferentes concepciones de la información, a sus ventajas e insuficiencias, V. G. Afanasiev considera importante que cada concepción sirva al conocimiento del mundo circundante a fin de dominar sus fuerzas.[40] Por esta razón, aunque personalmente damos preponderancia y elaboramos la concepción de la información como reflejo de la diversidad, o como diversidad del reflejo, apoyamos completamente la opinión antes expuesta, pues consideramos que solamente el conjunto de las diferentes concepciones permitirá en el futuro conocer un

fenómeno tan complejo como la información y descubrir el papel del enfoque informativo en la ciencia contemporánea.

Es necesario señalar como conclusión y resumen que, en los últimos cincuenta años, el enfoque informativo ha sufrido considerables metamorfosis. Surgido como enfoque científico particular de la investigación de la información periodística, en el periodismo —y, casi simultáneamente, en la teoría de la comunicación— obtuvo después un desarrollo en su contenido y una explicación lógico-matemática en la cibernética, como orientación científica general regional.[41] Luego, en la etapa actual de la revolución científico-técnica, este enfoque se convirtió en científico general en toda la extensión de este concepto.

El carácter científico general del enfoque informativo se manifiesta, en primer lugar, en el hecho de que sus métodos y procedimientos penetran cada vez con mayor profundidad en un número más amplio de disciplinas científicas, en las que surgen las formas específicas del concepto de información y los métodos teórico-informativos matemáticos. En segundo lugar, en que la propia ciencia como sistema integral, como entidad unida, comienza a utilizar los métodos y el enfoque informativo y a investigar su aspecto informativo.[42]

Todas estas características científico-generales del método informativo están estrechamente ligadas a las principales concepciones sobre la información: la sintáctica, la semántica y la pragmática, así como a las teorías que las concretan. Son diferentes los propios campos en que se ha difundido cada concepción y los métodos que les corresponden: las concepciones sintácticas de la información y los métodos matemáticos gozan de mayor difusión; se utilizan en muchas ciencias para representar los procesos informativos que tienen lugar en todas las formas del movimiento de la materia. No obstante, el enfoque informativo no sólo es científico-general en su variante sintáctica, pues las concepciones semántico-pragmáticas adquieren ese mismo *status* en el plano gnoseológico, aunque su carácter científico-general ha sido expresado e investigado con menos claridad.

Como hemos visto, el carácter científico general del enfoque informativo presenta diferentes niveles, aspectos y límites. Esto significa que los fenómenos científico-generales tienen un carácter sistémico complejo y una amplia movilidad. Evidencia del extraordinario desarrollo del enfoque informativo y de su *status* científico general son las múltiples discusiones sobre los

problemas de la información y sobre las fronteras de la efectividad y la aplicabilidad de las concepciones y métodos informativos. En la actualidad es muy posible que en esta discusión pase a un primer plano el problema de la efectividad del método informativo y no el de su difusión extensiva a territorios aún no "conquistados" del conocimiento científico.

En relación con ello se plantea el problema de convertir la doctrina sobre la información y los medios de su investigación en una disciplina específica, poseedora de un *status* científico general —del tipo de la informología de V. I. Siforov—. Sin embargo, la solución de este problema vuelve a plantear cuestiones no solucionadas, de carácter metodológico, acerca del objeto y los métodos de esta disciplina, tal como mostramos en el ejemplo de la teoría del pronóstico.

Por lo tanto, la aparición de los enfoques y métodos informativos y de otro tipo en la ciencia actual, nos plantea un conjunto de problemas filosófico-metodológicos que esperan solución.

NOTAS

[1] Para más detalles, ver la monografía de V. G. Afanasiev: *La información social y la dirección de la sociedad.* Moscú, 1975.

[2] Ver V. I. Siforov: "La ciencia de la información". En *Vestnik AN SSSR* 3, 1974, p. 13. Siforov considera que este concepto científico general debe estudiar un campo especial del conocimiento científico: la información. "La informología es la ciencia sobre los procesos y leyes de la trasmisión, distribución, elaboración y transformación de la información". (V. I. Siforov: "Problemas metodológicos de la ciencia de la información". En *Voprosi Filosofii* 7, 1974, p. 109.)

[3] M. V. Volkenstein: *Moléculas y vida. Introducción a la biofísica molecular.* 1965, p. 42.

[4] M. Brézier: "Cómo utilizar los modelos informativos en la neurofisiología". En *La concepción de la información y los sistemas biológicos.* 1966, p. 223.

[5] I. Ackerman: *Biofísica.* Moscú, 1964, p. 434.

[6] Prestamos aquí cardinal atención, no tanto a la investigación de las aplicaciones del enfoque informativo —aunque esto es importante—, sino a mostrar los aspectos más esenciales de su contenido, los cuales lo convierten, en principio, en uno de los procedimientos científicos generales de la investigación científica.

[7] V. G. Afanasiev, *op. cit.*

[8] Para más detalles, ver I. I. Grinshkin: "Sobre las teorías lógico-semánticas de la información". En *Control, información, intelecto.* Moscú, 1976.

[9] V. G. Afanasiev, *op. cit.*, pp. 137-145; G. G. Zhuravliev: *La información social y la dirección del proceso ideológico.* Moscú, 1973.

[10] Sobre esto ver el epígrafe 2.

[11] V. G. Afanasiev, *op. cit.*, p. 26.

[12] W. R. Ashby: *Introducción a la cibernética.* Moscú, 1959, p. 8.

[13] V. M. Glushkov: "Sobre la cibernética como ciencia". En *Cibernética, pensamiento, vida.* Moscú, 1964, p. 53.

[14] A esto se refiere también el contenido de todo este capítulo, donde se investigan otros métodos cibernéticos.

[15] Por cierto, el rápido desarrollo y el establecimiento de la información y de los métodos para su investigación como fenómeno científico general, hace surgir intentos de una construcción "informativa" y no "energética" de toda la física. En relación con ello, no carece de interés la opinión del conocido físico germanoccidental C. F. Weizsäcker, quien señala que "la física moderna nos enseña a distinguir tres esencias, las cuales podemos denominar sustancia (materia), energía e información. Desde un punto de vista filosófico, me inclino a la idea de que todas estas esencias, en última instancia, pueden ser reducidas a una raíz, la cual puede ser más claramente definida como información." (C. F. Weizsäcker: "Sobre el arte de la pronosticación". En *Mir Nauki*, Nº 6, 1969, p. 10). Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que a las opiniones de este autor sobre la información hay que atribuir concepciones idealistas objetivas que consideran que la información es la idea platónica, la forma aristotélica, algo tercero en comparación con la materia y la conciencia.

Sobre este punto de vista de Weizsäcker, ver el libro de M. Iankova: *Ciencia y arte*. Sofía, 1976, pp. 33-44 (ed. en búlgaro), en el cual se hace una revisión crítica de las interpretaciones idealistas del concepto de información desde posiciones marxistas.

[16] En lo sucesivo, al referirnos a las ideas más importantes de la teoría informativa del control, nos apoyaremos en los trabajos en que aparecen más completamente expuestas. Ver B. N. Petrov, V. V. Petrov, G. M. Ulanov, V. M. Agieev, A. V. Zaporozhets, I. D. Kochubievski, V. P. Mai y A. S. Uskov: "Comienzos de la teoría informativa del control". En *Resultados de la ciencia y la técnica*, Serie Automatización y Radioelectrónica. Ed. Cibernética Técnica, 1968, VINITI, Moscú, 1970; Serie Automatización y Radioelectrónica, Ed. Cibernética Técnica, 1969, VINITI, Moscú, 1971; y también B. N. Petrov, V. V. Petrov, G. M. Ulanov, V. M. Agieev, A. V. Zaporozhets, I. D. Kochubievski, A. G. Kozmin y A. S. Uskov: "Comienzos de la teoría informativa del control". En *Resultados de la ciencia y la técnica*, Serie Automatización y Radioelectrónica. Ed. Cibernética Técnica, t. IV, VINITI, Moscú, 1972; B. N. Petrov, G. M. Ulianov y S. V. Tsiennost: "El valor de la información. Aspectos semióticos de la teoría informativa del control y la cibernética". En *Resultados de la ciencia y la técnica*, Ed. Cibernética Técnica, t. V. Moscú, 1973.

[17] B. N. Petrov, V. V. Petrov, G. M. Ulanov y otros: "Comienzo de la teoría informativa del control". En *Resultados de la ciencia y la técnica*, Serie Automatización y Radioelectrónica. Ed. Cibernética Técnica, Moscú, 1968, p. 222.

[18] *Ibid.*, 1972, t. IV, p. 124.

[19] *Ibid.*, 1968, p. 236.

[20] *Ibid.*, p. 230.

[21] Ver I. M. Gorski: "Enfoques del análisis informativo de los grandes sistemas". En *Método programático de control (algunos problemas del aseguramiento matemático del control por programa).* Entrega 2. Moscú, 1973, p. 35 (ed. en ruso); I. M. Gorski: "Análisis informativo de los procesos de control". En *Optimización y control en los grandes sistemas de la energética,* t. I. Irkutsk, 1970. (ed. en ruso); I. M. Gorski y N. I. Gorskaia: "Algunos problemas de la modelación y programación informativa de los grandes sistemas". En *La cibernética y la modelación en la energética.* Moscú, 1973.

[22] G. Wagner, al hablar sobre el objeto de la teoría de la investigación de operaciones, señala que "el objeto de investigación examinado se caracteriza mejor con el término 'análisis de decisiones reguladoras' ". (G. Wagner: *Fundamentos de la investigación de operaciones,* t. I. Moscú, 1972, p. 11.

[23] N. Wiener: *Cibernética y sociedad.* Moscú, 1958, p. 190.

[24] K. Shaniavski: "Información y decisión". En *Materiales del simposio polaco-soviético sobre el problema del estudio complejo del desarrollo de la ciencia.* Moscú, 1967, p. 88.

[25] D. I. Dubrovski y V. V. Verzhbitski: "La categoría de información: un examen filosófico". En *Filosofski Nauki* Nº 1, 1976, p. 156.

[26] Un examen minucioso de estas concepciones aparece en el artículo antes citado de Dubrovski y Verzhbitski, así como en el examen de Semeniok, Tiujtin y Ursul, en la antología *Problemas filosóficos de las ciencias naturales.* Moscú, 1976; ver también P. Frantz: "Za vrzkata miezhdi otrazhenie i informatsia". En *Filosofska misl,* lib. 3, 1975. (ed. en búlgaro).

[27] Ver A. D. Ursul: *El problema de la información en la ciencia moderna. (Ensayos filosóficos).* Moscú, 1975, pp. 41-62.

[28] D. I. Dubrovski y V. V. Verzhbitski, *op. cit.,* pp. 151 y 155.

[29] D. I. Dubrovski: *Los fenómenos psíquicos y el cerebro.* Moscú, 1971, p. 264.

[30] Ver A. D. Ursul: *Reflejo e información,* pp. 106-107.

[31] En este caso es muy difícil estar de acuerdo con M. I. Setrov, quien considera que en esta concepción el concepto de información coincide de hecho con la categoría de reflejo. [Ver M. I. Setrov: *Fundamentos de la teoría funcional de la organización.* Leningrado, 1972, p. 58 (ed. en ruso).] La afirmación de Setrov —resultado de incomprensiones— es una concepción que considera la información como aspecto del reflejo, en particular, como diversidad reflejada, que distingue especialmente la información del reflejo. Se puede estar de acuerdo o no con semejante distinción, pero no se la puede pasar por alto.

[32] A. D. Ursul: *La naturaleza de la información.* Moscú, 1968, pp. 125-146; A. D. Ursul: *Información.* Moscú, 1971, pp. 174-183 (ed. en ruso).

[33] Ver A. D. Ursul: *El problema de la información en la ciencia moderna*, pp. 184-265; *Id.*, *Reflejo e información*, pp. 100-109, 207-220.

[34] *El problema de la información en la ciencia moderna*, pp. 150-164.

[35] Ver V. S. Gott y A. D. Ursul: *Los conceptos científicos generales y su papel en el conocimiento*. Moscú, 1975, pp. 29-32; ver también el epígrafe 3 del último capítulo.

[36] Esta concepción ha sido elaborada por nosotros en una serie de trabajos, en particular, en el libro *Reflejo e información*, así como en una variante más reducida en el capítulo "Reflejo, información y control" en el segundo libro de *La teoría leninista del reflejo y la ciencia actual*. Sofia, 1973.

[37] Para más detalles, ver A. D. Ursul: *El problema de la información en la ciencia moderna*, pp. 108-120.

[38] Ver el libro *Reflejo e información*, pp. 112-129.

[39] Dicho método se utiliza con creciente frecuencia para la formación de nuevos conceptos en las investigaciones metodológicas; por ejemplo, V. I. Kremianski formó el nuevo término "infi" (sistema de información) en el punto de contacto de dos enfoques, el sistémico y el informativo. Ver V. I. Kremianski: "Sistemas de información como objeto investigativo". En *La cibernética y el conocimiento científico contemporáneo*. Moscú, 1976.

[40] V. G. Afanasiev, *op. cit.*, p. 38.

[41] Respecto del objeto estudiado —biológico, social y procesos técnicos de comunicación y control—, consideramos a la cibernética como una orientación científica regional. Pero los métodos cibernéticos pueden aplicarse en todas las ciencias; en este sentido, la cibernética es científica general. En este plano es interesante el examen de la cibernética como "orientación científica regional" (ver B. S. Ukraintsev: "La cibernética y el sistema de nuevos principios científicos". En *La cibernética y el conocimiento científico contemporáneo*. Moscú, 1976, pp. 7-10) y la conversión de sus conceptos en categorías científicas generales (ver E. P. Semeniuk: "La conversión de los principales conceptos de la cibernética en categorías científicas generales". En *La cibernética y el conocimiento científico contemporáneo*, pp. 69-81).

[42] Estos dos aspectos han sido examinados minuciosamente por nosotros en la monografía *El problema de la información en la ciencia moderna* (ed. cit.).

CAPÍTULO X

LOS MÉTODOS CIBERNÉTICOS EN LA CIENCIA

1. EL ENFOQUE FUNCIONAL EN EL SISTEMA DEL SABER CIENTÍFICO

El cuadro científico moderno del mundo ha cambiado sustancialmente bajo la influencia de los datos experimentales de la cibernética técnica, la teoría de la información y la teoría del control.

Esto está relacionado con el desarrollo y la aplicación de las ideas y los métodos de la cibernética a las tareas teórico-cognoscitivas de las más diversas índoles. Basta recordar que muchas teorías generalizadoras fundamentales se apoyan en los conceptos de organización, información, control y en los métodos correspondientes de investigación. Entre ellas se encuentran la biología evolutiva, la fisiología del sistema nervioso superior, la psicología, la sociología, etcétera. El desarrollo de la cibernética condujo a la elaboración de un conjunto de conceptos y métodos generales que tienen importancia en distintas esferas del conocimiento. Entre ellos el enfoque funcional ocupa un lugar relevante.

El enfoque funcional encontró amplia difusión en diferentes ciencias gracias a la cibernética y a las investigaciones sistémicas. Este enfoque centra su atención en las características del comportamiento del sistema como un todo, en el funcionamiento, a condición de ignorar, hasta cierto punto, la estructura interior de cada unidad funcional. Al igual que cualquier otro modelo, el modelo funcional refleja un "corte" perfectamente definido de la realidad. Desde el punto de vista de este procedimiento cognoscitivo se produce una simplificación y sustitución, realizada conscientemente, de la realidad objetiva; proceso que, a pesar de ello, es portador de una fun-

ción heurística que permite pronosticar determinadas propiedades de los sistemas complejos.

Ya Marx había prestado atención a la peculiar tendencia del conocimiento científico de buscar algunos medios adecuados para la descripción de la naturaleza de los objetos investigados antes de que sean conocidos sus vínculos causales. Enfatizando esta peculiaridad, escribió: "A diferencia de otros arquitectos, la ciencia no sólo construye castillos en el aire, sino levanta algunos pisos antes de echar los cimientos."[1]

Las posibilidades heurísticas de los métodos cibernéticos, entre ellos el funcional, constituyeron la premisa necesaria para su expansión en diferentes campos del conocimiento. El desarrollo extensivo de la cibernética —la cibernetización del conocimiento— es un fenómeno que exige un minucioso análisis metodológico. El conocimiento científico, al orientarse al análisis de los procedimientos de investigación, pone al descubierto estructuras abstractas de gran generalidad. Estas estructuras cumplen una función metodológica en relación con las ramas concretas del conocimiento durante la investigación de objetos de distintas clases. La discusión de las peculiaridades que permiten a los métodos cibernéticos adquirir el *status* de medios metodológicos y teóricos generales tiene gran interés. En el presente capítulo se analiza el papel y el lugar del enfoque funcional en el sistema del conocimiento en desarrollo, los "mecanismos" en que se apoya esta expansión, con el fin de descubrir las funciones que este enfoque cumple en el curso de la asimilación teórica de los diferentes fenómenos científicos. Esta tarea exige el examen previo de algunos conceptos básicos.

El aspecto funcional de las investigaciones científicas

Los términos función, análisis funcional, análisis estructural-funcional, relación funcional, dependencia funcional, funcionalismo y enfoque funcional, así como otros del mismo género, se han difundido ampliamente en las investigaciones científicas especiales y en las lógico-metodológicas. Esto no es casual. El interés que ha despertado el fenómeno de la funcionalidad está condicionado por el hecho de que los objetos complejos y su organización se convierten cada vez más en el objeto específico de las investigaciones modernas. Uno de los rasgos esen-

ciales de la organización, la cual revela la relación entre el sistema y sus elementos y también el fundamento de la estabilidad y la autoconservación de aquél, está vinculado con las relaciones funcionales. La funcionalidad es tan fundamental como la sustanciabilidad y la estructuralidad. Debido a esto, además, de los tipos estructural, sustancial y causal del conocimiento, se ha difundido también el tipo funcional.

La idea de la funcionalidad logró su fundamentación básica en la matemática. La comprensión de la funcionalidad está relacionada con el desarrollo de las concepciones acerca de la función. La función se considera como un tipo de dependencia de una variable con respecto a otra. En un plano más amplio, por función se entiende el modo de comportamiento inherente a un determinado objeto, el cual posibilita su conservación. Esta interpretación de la función tiene un sentido causal. El enfoque causal de la funcionalidad está en oposición al telcológico, conocido desde los tiempos de Aristóteles. El tratamiento teleológico de la funcionalidad puede encontrarse aún en investigaciones modernas.[2]

En la elaboración del enfoque causal de la funcionalidad tiene gran significación las investigaciones de los problemas de la causalidad en la física moderna. Se han señalado las particularidades específicas de la dependencia funcional en sus relaciones con la causalidad. La dependencia funcional aparece como aquella forma de vínculo según la cual la modificación de una de las magnitudes va seguida de un determinado cambio en otra. La expresión funcional de los vínculos causales posee considerables ventajas sobre la descripción cualitativa de la correlación entre causa y efecto. En este caso, se puede calcular con exactitud todo el conjunto de valores de los efectos, si se dan los correspondientes valores de las causas y el campo de una determinada variable independiente.[3]

Las ideas de funcionalidad, basadas en las concepciones sobre el comportamiento del sistema con el fin de conservarse, encuentran también aplicación en otras disciplinas científicas: sociología,[4] psicología,[5] etcétera. Dicha idea logró el más amplio reconocimiento en biología y en fisiología. Esto es comprensible, pues en los fundamentos de la organización biológica yace la propiedad de integridad y racionalidad, cuyas causas están ocultas. Por esta razón, la búsqueda de estas causas, así como el estudio de las correlaciones entre estruc-

tura y función, siempre han estado en el centro de la atención de los investigadores de los aspectos específicos de los fenómenos biológicos.

En las teorías de Darwin y sus seguidores, se demuestra que el resultado directo de la interacción del organismo con las condiciones de su existencia es la modificación y el perfeccionamiento constante de las funciones de cada órgano y del organismo en su conjunto, gracias a lo cual tiene lugar el proceso de adaptación. Como resultado de la acción de la selección natural se produce la consolidación gradual de pequeñas modificaciones morfológicas y fisiológicas que, de cierta forma, permiten la mejor adaptación del organismo a las condiciones siempre cambiantes del medio. El enfoque estructural-funcional, utilizado en la etapa actual para la solución de tareas en la biología molecular, está dirigido al estudio de la organización funcional de las estructuras bioquímicas, lo cual es importante para el conocimiento de los fundamentos moleculares de la evolución. Estas investigaciones constituyen la base empírica para la interpretación teórica de las concepciones físico-químicas sobre lo vivo.[6]

La idea de funcionalidad es tan básica para la biología que se acepta como un aspecto esencial de todo tipo de organización, como fundamento básico de la teoría general de la organización biológica, y el método funcional es considerado como el instrumento más adecuado de su conocimiento.[7] La creación de R. Rosen acerca de la concepción de "biología relativista" puede servir de ejemplo de la importancia que tiene la idea de funcionalidad en la solución de las más importantes tareas investigativas de la biología moderna. De acuerdo con esta concepción, dos sistemas funcionalmente equivalentes no tienen que poseer necesariamente particularidades estructurales comunes, por lo que no existe la posibilidad de representar el tipo de actividad funcional sobre la base del estudio de las particularidades físicas del sistema en cuestión. A una misma estructura puede corresponder una cantidad ilimitada de funciones, y a la inversa.[8]

Las ideas de funcionalidad ocupan un lugar importante en las investigaciones sobre dirección finalista y sistemas finalistas.[9] En los últimos años se ha trabajado intensamente sobre los conceptos "fin," "función," "sistema funcional" y otros. Por sistema funcional P. K. Anojin entiende una combinación de procesos y mecanismos formados dinámicamente en dependencia de la situación. Puede crearse un sistema funcional con

componentes muy lejanos en el aspecto anatómico. Esto significa que la composición del sistema funcional y la dirección de su actividad no están determinadas ni por el órgano ni por la semejanza anatómica de los componentes, sino por la dinámica de la unión, dictada exclusivamente por la cualidad del efecto adaptativo final.[10]

En la literatura sobre el problema de los sistemas finalistas, el concepto "sistema funcional" posee un contenido algo distinto y se define como el conjunto de individuos, sistemas o acontecimientos estructuralmente diferenciables, cada uno de cuyos elementos es un "productor", potencial o real, de elementos —objetos o acontecimientos— de una determinada clase de cualquier tipo.[11] Por productor se entiende un caso particular de la relación causa-efecto. Ackoff y Emery consideran que la función consiste en la producción de clases y en que pueda decirse de cada miembro de estas clases que su función es la producción de una clase. Si el individuo o sistema manifiesta un tipo de comportamiento estructural relacionado con una determinada clase de comportamiento de otros objetos, este individuo o sistema posee una función externa. Esta denominación se explica porque en este caso no se trata de una de las funciones propias del individuo, sino de una función que posee gracias a su pertenencia a una clase. La propiedad que forma esa clase no es una propiedad estructural, sino la propiedad general de producción. Por ejemplo, los relojes de sol, los de agua, los de cuerda y los eléctricos, aunque se diferencian estructuralmente entre sí, dan todos la hora: por consiguiente, su función externa consiste en dar la hora. El hombre que puede telefonear a una tienda, escribirle, visitarla o enviar a otra persona, realiza un conjunto de acciones (acontecimientos) que forman una clase funcional, determinada, digamos, para la adquisición de una camisa. En este ejemplo, el individuo manifiesta una función interna, pues esta función sólo puede atribuírsele sobre la base de su comportamiento.

A partir de esta enumeración, necesariamente breve e incompleta, de las direcciones de las investigaciones funcionales en la ciencia contemporánea, se hace evidente la amplia propagación de la idea de funcionalidad. Al referirse en igual medida a objetos de distintas esferas del conocimiento y revelar sus esencias, las investigaciones funcionales enriquecen las posibilidades cognoscitivas del hombre.

Examinaremos ahora la peculiaridad del enfoque funcional en tanto que instrumento específicamente cibernético del conocimiento, y mostraremos algunas condiciones lógico-gnoseológicas para su utilización en la etapa actual.

El reconocimiento y la difusión del enfoque funcional están condicionados por la circunstancia de que muchos sistemas complejos no admiten un examen completo y directo de su estructura interior, por lo que el conocimiento y su estudio se pueden realizar estudiando las propiedades y la conducta del sistema en su conjunto. En este caso, lo único que puede someterse a observación directa son los polos del sistema, su memoria exterior. B.V. Biriukov ve en el enfoque funcional la manifestación de "impaciencia" en la metodología de la ciencia: no esperar a conocer la esencia del fenómeno, su cuadro cualitativo, su contenido, sino modelar el comportamiento "exterior" del objeto.[12]

Esta estrategia de investigación se basa en la consideración de que la esencia del objeto no se agota por los vínculos internos. Los resultados de las investigaciones actuales de los objetos del micromundo, así como de los "grandes" sistemas, muestran la necesidad de estudiar el medio exterior en que funciona el sistema. Semejante enfoque tiene una importancia de principio para la descripción adecuada de su comportamiento.

La estrategia descrita para el estudio de los sistemas complejos recibió el nombre de método o principio de "caja negra". W. R. Ashby se inclina incluso a pensar que el enfoque funcional debe considerarse como una teoría.

> La teoría de la "caja negra" —escribe— es simplemente una teoría de objetos o sistemas reales en la cual se presta especial atención al problema de la correlación entre el objeto y el observador, al problema de qué información sale del objeto y cómo es obtenida por el observador. Por tanto, la teoría de la "caja negra" no es otra cosa que el estudio de la relación entre el experimentador y el medio que lo rodea, en el que se presta particular atención al flujo de información.[13]

Cuando se estudia una determinada función de un sistema vivo, no es preciso analizar la naturaleza de cada factor particular con el cual está ligada esta función. Puede considerarse que algunas funciones constituyen cajas negras, y agrupar en-

tonces los esfuerzos de la investigación en uno o varios factores. El estudio del sistema está relacionado con la realización de experimentos que no penetran en el interior de la caja. Este tipo de investigación se puede considerar como el análisis previo del sistema. En un plano más abstracto, la caja negra puede examinarse como la materialización de una determinada clase de acontecimientos, cada uno de los cuales constituye un complejo con una entrada, una salida y determinadas reglas de asociación de éstas.

Junto al concepto de caja negra existe la concepción de la "caja blanca".[15] La caja blanca es un sistema formado por componentes conocidos, unidos de un modo conocido, de forma que se crea una dependencia dada entre las entradas y las salidas. La construcción de la caja blanca se realiza con el fin de comprobar las particularidades de la caja negra; y, a la inversa, del comportamiento de la caja negra se deducen propiedades que debe poseer la caja blanca, propiedades que no han sido aún investigadas.

El desarrollo extensivo de las ideas funcionales, como ya señalamos, se expresa en su utilización y fundamentación por las diferentes esferas del conocimiento. De aquí se deduce que el enfoque funcional no constituye un engendro absolutamente nuevo de la "época cibernética" del desarrollo del conocimiento. El predecesor histórico del enfoque funcional lo fue el macroenfoque utilizado, en particular, en las investigaciones de los cuerpos elásticos en la mecánica. Estos cuerpos se examinaban como sistemas compuestos de ciertos elementos, los que, bajo la acción de fuerzas, podían desplazarse relativamente entre sí. Cada uno de dichos elementos se caracterizaba por una masa y un volumen. Se presupone que entre los elementos actuaban las fuerzas elásticas, las cuales, no obstante, no se relacionaban con la presencia de determinadas propiedades conocidas de los elementos, es decir, la naturaleza de las fuerzas quedaba sin descubrir. Las fuerzas provenientes de los elementos contiguos, consideradas hasta cierto punto, se trataban como externas.

La separación de ciertas unidades funcionales, el establecimiento de determinados tipos de funcionamiento son también característicos de los métodos biológicos tradicionales de investigación. Tal es la afirmación de que "la función del corazón es mantener la circulación sanguínea". El enfoque funcional se realiza además en la psicología de los behavioristas, donde la atención se centra en la relación entre estímulo-reac-

ción-refuerzo. De acuerdo con esta teoría, entre el estímulo y la reacción existe un vínculo unilateral; estímulos, respuestas y refuerzos tienen significación de acuerdo con las condiciones exteriores, y no interiores, de existencia del organismo. El behaviorismo no se plantea el problema de la complejidad interior del sistema, ni de que la secuencia existente entre el estímulo y la reacción es el resultado de relaciones más complicadas. Esto resultó claro luego de las investigaciones neuro y electro-fisiológicas.

Los hechos expuestos muestran convincentemente que ya en el macroenfoque tradicional, la ciencia del siglo pasado trató de investigar los fenómenos complejos sin penetrar en su organización interior. Las investigaciones de la correlación entre los distintos niveles de organización de lo vivo arrojan cierta luz sobre la esencia del macroenfoque en sus diferencias con el microenfoque. Según la opinión de V.S. Tiujtin, el macro y microenfoques son correlativos, es decir, su definición debe estar ligada a la tarea investigadora concreta. En otras palabras, la aplicación de los métodos del micro y macroanálisis requiere la distinción previa de los sistemas que funcionan con relativa autonomía, así como la de sus elementos relativamente indivisibles. En ese caso, el macroanálisis corresponde al nivel del sistema biológico integral, mientras que el microanálisis concuerda con el nivel de sus elementos.[15]

De lo dicho sobre la esencia del macroenfoque se desprende que éste tiene mucho de común con el método de la "caja negra", al tiempo que no coincíde con él. A éste le es inherente un carácter abstracto, idealizado, lo que permite su aplicación a sistemas de diferentes clases, de forma tal que en ellos se conservan las propiedades informativas o estructurales de los sistemas reales. Al evaluar el significado del enfoque funcional y su papel en el establecimiento del conocimiento teórico, debemos tener en cuenta la observación de Iu.V. Sachkov acerca de que el movimiento del conocimiento hacia las profundidades de la materia, la búsqueda de sus unidades fundamentales, ha comenzado siempre por los métodos puramente funcionales de investigación.[16] La utilización de un modelo funcional, o de cualquier otro de carácter cibernético, no conduce simplemente a la descripción de esos sistemas con ayuda de otros modelos, formales, sino que, con tal descripción, podemos comprender mejor cómo trabajan los sistemas reales.

Por regla general esto se realiza con la elaboración de modelos dinámicos efectivos.

El modelo cibernético se puede considerar como una comprobación formal del carácter interno no contradictorio de la teoría empírica y un estímulo para la búsqueda de nuevas ideas acerca de lo que se pretende encontrar en el sistema real que se analiza. Si el modelo se investiga paralelamente al sistema real, ello puede estimular tanto la aparición de nuevas ideas para las investigaciones experimentales como la precisión de algunos mecanismos de funcionamiento del sistema.

¿Cuáles son los rasgos específicos del enfoque funcional? ¿Puede relacionarse la novedad de su investigación sólo con la tendencia misma hacia la ampliación de la esfera de acción en diferentes campos y el crecimiento cuantitativo de su utilización? La respuesta a estas interrogantes exige un examen de la naturaleza de los métodos cibernéticos.

Carácter general de los métodos cibernéticos

Hay que reconocer que la esencia de la aplicación de la cibernética a los distintos campos del conocimiento no consiste en una correlación externa de sus métodos con las representaciones formadas sobre unos u otros fenómenos. Las simples referencias al hecho de que con ayuda de los métodos cibernéticos se puede descubrir la esencia de la organización de objetos cualitativamente diferentes, y realizar su interpretación y transformación, a pesar de su justeza abstracta, son insuficientes desde el punto de vista constructivo. Subrayemos que no se trata, en general, de abstraernos del examen de los resultados obtenidos al aplicar las ideas y métodos de la cibernética a tareas cognoscitivas de diversos tipos. Nuestro objetivo consiste tan sólo en ofrecer un análisis metodológico del carácter específico de los métodos cibernéticos de análisis, con ayuda de los cuales se descubre una amplia esfera de objetos. Ello supone, no el simple señalamiento de dichos métodos, sino el descubrimiento de lo específico de los medios y condiciones cognoscitivas que permiten su utilización.

El establecimiento y la afirmación de los métodos cibernéticos de investigación están relacionados con todo el desarrollo precedente del conocimiento, con aquellos resultados que abarcan el problema del control y la organización en dife-

rentes esferas de la realidad. Estas investigaciones se transformaron en cibernéticas propiamente dichas sólo después que Norbert Wiener formuló la definición general del control. En otras palabras, la etapa "precibernética" no está determinada por el hecho de que, en la formulación originaria, las ideas del control no fueron incluidas en el sistema conceptual con ayuda del cual se reconoce la estructura de los objetos, sino porque estos conceptos se aplicaron a una esfera demasiado limitada de los trabajos investigativos. También debemos prestar atención al hecho de que las elaboraciones teóricas particulares formuladas en investigaciones científicas aisladas no estaban relacionadas internamente entre sí. Estas investigaciones tenían un carácter independiente, sin vínculos mutuos. En oposición a esto, la cibernetización de la ciencia se basa en el conocimiento de algunas leyes y principios generales que reflejan rasgos invariantes. Los marcos conceptuales en los cuales comenzó a comprenderse la estructura de los sistemas complejos durante el período "cibernético" se ampliaron y, lo que es particularmente importante, la visión "informativa del control" se convirtió en el orientador fundamental para el conocimiento de todos los sistemas de autorregulación.

Por tanto, el enfoque cibernético utilizado como instrumento del pensamiento no sólo tuvo éxito porque transformó los métodos o porque condujo, desde los mismos comienzos, al descubrimiento de la mayoría de los hechos básicos. No es menos importante el hecho de que el enfoque cibernético modificó la formulación de los problemas tradicionales de forma tal, que surgió la posibilidad de investigar sistemas de diferentes clases sobre la base de algunos principios y procedimientos generales de la investigación. El conocimiento de principios generales, universales, permite una situación más ventajosa en la conducción de experimentos y la creación de hipótesis. La teoría cibernética de la comunicación y el control se convirtió en el fundamento teórico que permitió aplicar un enfoque único y métodos matemáticos generales de análisis y síntesis de diferentes sistemas. Todas estas particularidades del conocimiento cibernético, así como el contenido general de sus ideas y métodos caracterizan, en igual medida, el método funcional del conocimiento.

¿Puede aceptarse una situación teórico-cognoscitiva en que el conocimiento se apoye en ciertas ideas y principios generalizados específicos, precisamente, del conocimiento cibernético?

No ofrece dudas la novedad de principio de las ideas cibernéticas fundamentales. Al mismo tiempo, hay que prestar atención a que el conocimiento científico, desde su nacimiento, aspiró a la elaboración de conocimientos sobre la base de ideas generalizadas y de una cantidad mínima de principios fundamentales. Esta tendencia también tuvo lugar en la época de las ciencias naturales clásicas; en nuestro tiempo, como "ideal de síntesis" de las ciencias naturales se proclama a veces la idea de que es posible descubrir una ley general única que explicaría todas las experiencias.[17] El conocido científico C. F. von Weizsäcker ha expuesto ideas semejantes sobre la unidad de la ciencia fundamentada en una "sola raíz", al señalar que "la física moderna nos enseña a distinguir tres esencias que podemos denominar sustancia (materia), energía e información. Desde un punto de vista filosófico, me inclino a pensar que estas tres esencias, en última instancia, pueden ser llevadas a una raíz única."[18] Erróneamente, ve esta "raíz" en la información. El análisis de estos errores exigiría una discusión especial. Ahora trataremos solamente los planteamientos metodológicos básicos que se utilizan en la fundamentación del conocimiento científico, los cuales se enlazan con la reducción a un fundamento único para todas las clases.

Al discutirse el problema de la unidad del conocimiento científico, se formulan también puntos de vista opuestos al antes citado. Así, el conocido físico norteamericano R. Oppenheimer considera que en la ciencia moderna no existe una "clave única", "el eje único de cualesquiera formas del conocimiento".[19] El problema de la selección de un tipo único y verdadero para la descripción del objeto ha perdido su sentido, según la opinión de P. V. Kopnin: "La creación de una especie de ciencia universal, unificada, con un solo lenguaje, es una tarea irrealizable."[20]

Estamos de acuerdo con la opinión sobre la imposibilidad de deducir el conocimiento a partir de un fundamento único, por fundamental que éste sea. Este postulado metodológico nos retrotrae al cuadro mecanicista del mundo. La idea de una "clave única" resultó un fracaso en las tentativas de una interpretación "fisicalista" del conocimiento. Como se sabe, este programa no pudo realizarse incluso en aquellos campos del conocimiento que constituyen el objeto de investigación de la propia física. De la idea de penetración mutua entre los diferentes métodos cognoscitivos, realizada en forma de fiscalización, biologización, cibernetización, sociologización, etcétera,

no se desprende la proclamación de una especie de ciencia única como fundamento teórico único para todas las esferas del conocimiento. Tampoco es válida la formulación del problema en la cual, a partir de la discusión de la significación y el carácter fundamental de determinadas ideas científicas, se llega a la conclusión filosófica de que sólo sobre esa base deben crearse en lo ulterior todos los enunciados sobre el mundo. Estas pretensiones de la concepción fisicalista se reflejan en sus conclusiones filosóficas y exigen una crítica más seria.

En resumen, la utilización de ideas fundamentales generalizadas como métodos del conocimiento es una de las particularidades que caracterizan el conocimiento científico moderno. Esta tendencia, que no sólo encuentra expresión bajo la forma de la aplicación de métodos cibernéticos, va por el camino de poner de manifiesto el isomorfismo parcial y el homomorfismo de los sistemas analizados. La distinción de las clases no se realizan en este caso mediante su remisión a disciplinas científicas o a formas del movimiento de la materia, sino de correspondencia con lo isomorfo de algunos parámetros esenciales. Aclaremos esto con el ejemplo de algunos procedimientos creados con nuestro trabajo para la clasificación de los sistemas.

El agrupamiento de clases de sistemas tales como el tipo orgánico-integral, los sistemas sumativos, simples, complejos y muy complejos, sistemas abiertos y cerrados, sistemas que se caracterizan por el tipo discreto y rígido de los vínculos entre sus partes, sistemas probabilísticos y rígidamente determinados, etcétera, se apoya en la concepción sobre el isomorfismo de las relaciones intersistémicas. Esto conduce a la creación de clases específicas, las cuales, como vemos, están muy lejos de la estructuralidad, digamos, de los objetos biológicos. En la sistemática zoológica se basaba, en la mayoría de los casos, en la regla de Lamarck, según la cual las fronteras deben trazarse allí donde las situó la naturaleza, y no hacerlo donde ésta no lo hizo. La generalización realizada por medio del establecimiento del tipo, de la naturaleza del vínculo entre las partes —como fue hecho en la clasificación que mostramos antes— se realiza en concordancia con un principio totalmente diferente. Subrayamos que éste no abarca los objetos de cualquier otro campo del conocimiento o de un grupo discreto natural.

En este tipo de generalización no interesa si los objetos semejantes en cuanto a las propiedades de su sustrato han de ser agrupados en una clase. Así, en la clase de los sistemas determinístico-probabilísticos se incluyen objetos de la naturaleza inorgánica, sistemas vivos y fenómenos sociales. Esta clase no posee un correlato semejante en el mundo material que sea semejante al tipo orgánico. El carácter de la correspondencia será, en este caso, completamente diferente: estas clases son el resultado de una determinada posición teórico-cognoscitiva y su distinción depende del contexto de la teoría en cuyos marcos se lleva a cabo el análisis. Las ideas metodológicas utilizadas en la creación de clases específicas son las ideas de la teoría de las probabilidades, de la concepción de integridad, de la teoría de la organización, etcétera. La distinción en el objeto investigado de un determinado conjunto de parámetros interrelacionados depende no sólo de las propiedades materiales, de contenido de la propia realidad objetiva, sino también de la orientación cognoscitiva del sujeto, de sus necesidades y posibilidades prácticas.

Una posición metodológica semejante la encontraremos al analizar el concepto "conjunto organísmico", introducido por N. Rashevski para expresar el isomorfismo parcial de sistemas cualitativamente diferentes en sociología y biología. Para N. Rashevski algunos sistemas son invariantes en cuanto a determinados parámetros, aunque resultan diferentes física y métricamente.

> Lo común en todos los casos —escribe Rashevski— es que en los elementos de estos conjuntos está presente la propiedad de poseer potencialmente ciertos tipos de actividad que conducen a la formación de diferentes estructuras estadísticas o dinámicas. Estas estructuras son necesarias para la conservación de la existencia o, dicho de otra forma, para que sobrevivan los elementos y el conjunto mismo, ellas mismas forman determinadas relaciones entre los elementos.[21]

Los intentos por fundar una biología invariante son manifestación de la tendencia directriz en el conocimiento científico moderno: el estudio de un contenido invariante, generalizado.

Por tanto, el programa investigativo de la cibernética, el contenido generalizado de sus leyes y principios, condicionaron un tipo perfectamente definido de metodología con su correspon-

diente orientación investigativa para el conocimiento de sistemas complejos de distintos niveles de organización. Las conocidas modificaciones en los modos de formular las tareas científicas se expresan en el desplazamiento a primeros planos de las ideas de sistema, jerarquías, invariancia. Las ideas formuladas por la cibernética comenzaron a cumplir una función metodológica con respecto a las diferentes ramas del conocimiento. Es muy importante la consideración acerca de que el método de conocimiento condiciona con suficiente determinación el modo de interpretación de los hechos científicos y la creación de una estrategia para las investigaciones científicas.

Estas consideraciones metodológicas generales sobre el contenido generalizado de las ideas cibernéticas son básicas para el ulterior análisis del lugar y el papel del método funcional de investigación en los trabajos científicos actuales.

Peculiaridades del enfoque funcional

Además de la búsqueda de formas generalizadas —invariantes— del conocimiento, hay que señalar otra "consecuencia" de la cibernetización de éste —y no sólo de la cibernetización— que se expresa en la siguiente modificación de la orientación metodológica. Este cambio alcanza la comprensión de los modos de enfocar el estudio de un fenómeno complejo. Intentaremos demostrar lo dicho comparando dos períodos, uno de los cuales llamaremos condicionalmente "precibernético" y el otro, "cibernético". En el período precibernético, para el conocimiento de un fenómeno complejo se utilizaba, en gran medida, un camino elemental. En los campos del conocimiento de mayor desarrollo teórico —la física y la química— las representaciones del todo, en la mayoría de los casos, se formaban al unir los resultados del análisis de las distintas partes. El movimiento del conocimiento del todo a las partes sólo era observable en algunas tareas cognoscitivas.

Rosenbleuth y Wiener llegaron a la conclusión de que es más útil, conceptualmente, moverse desde el todo concebido de una manera conceptual hasta las partes estructuralmente representadas, y no a la inversa. Este credo metodológico —moverse desde el todo hacia las partes— expresa el reconocimiento de esta tendencia como fundamental y directriz en la formulación de las tareas científicas. Y lo que es muy importante, la influencia de esta orientación metodológica se expre-

só en la elaboración de la correspondiente estrategia para las investigaciones científicas en las más diferentes esferas del conocimiento —lo que trataremos más adelante con cierto detalle—. Uno de los conductores de esta estrategia es el enfoque funcional.

Señalaremos, en especial, lo heurístico del enfoque funcional. De hecho, la generalización que afirma que la función no está determinada por una estructura singular dada, sino que está vinculada a toda una clase de estructuras y que la función se contempla en general fuera de la referencia al mecanismo singular interior en cuestión, constituye la expresión de una nueva estrategia de investigación. La idea de la independencia relativa de la función con respecto a la estructura, que se apoya en el principio del vínculo estadístico no unívoco ni rígido entre la estructura y la función, en el principio de la derivación de la función investigada a partir de toda una clase de estructuras, resulta importante en los pronósticos sobre la estructura de los sistemas, diferentes en cuanto a su sustrato material. Esta estrategia de investigación se mueve en la modelación desde una función a otra, apoyada en la concepción de que un mismo comportamiento puede ser realizado por diferentes estados estructurales. Esta estrategia comenzó a aplicarse extensamente en diferentes elaboraciones científicas.

Al mismo tiempo, el reconocimiento de esta estrategia exige la introducción de las limitaciones correspondientes. El hecho de la ausencia de una correspondencia biunívoca entre estructura y función conduce a la necesidad —según la opinión de A. A. Olitski— de introducir los criterios de optimización. Esto asegura el pronóstico de la estructura conforme a la funcion dada, si bien no de forma absolutamente unívoca, por lo menos, muy cercana a lo unívoco. Además de la optimización es importante el conocimiento de la génesis de la estructura en cuestión; o sea, en las investigaciones biológicas es necesario combinar los enfoques funcional y genético.[22]

A continuación intentaremos mostrar cómo se manifiesta la peculiaridad del enfoque funcional en las distintas esferas de la ciencia moderna y, en primer término, en el conocimiento biológico.

Para el enfoque funcional en la definición de vida sólo es esencial el comportamiento y no la composición material del objeto biológico. La cibernética se abstrae del sustrato material de los procesamientos de información, por lo que el tipo

concreto de materia de que está formado lo vivo se considera un rasgo relativamente insustancial de la organización biológica. Las representaciones que hace la cibernética acerca de la vida están libres, según palabras de A.N. Kolmogorov, "de premisas arbitrarias sobre la naturaleza concreta de los procesos físicos que residen en su base",[23] incluyendo el sustrato sustancial de lo vivo. Otros investigadores han prestado atención a la abstracción que hace la cibernética del sustrato, de los portadores concretos del movimiento.[24]

Uno de los campos más importantes donde el enfoque funcional encontró amplia aplicación fue la teoría de las redes formales, creada por los trabajos de MacCulloch y Pitts. La hipótesis central de esta teoría consiste en que cualquier funcionamiento puede realizarse con ayuda de una determinada red formal de neuronas. Sin embargo, hay que reconocer que, a pesar de que la red formal constituye una abstracción, una limitación, la misma comenzó a ser extrapolada e interpretada ampliamente como fuente de modelos lógico-matemáticos de diferentes formas de comportamiento, desde el reflejo condicionado hasta las formas complejas de actividad. Aquí puede verse tanto la fuerza como la debilidad de dicho enfoque.

El enfoque funcional no siempre se utiliza en forma pura. Es habitual que se combine con la modelación, la formalización, el enfoque algorítmico y los métodos probabilístico-estadísticos de investigación. Además, se complementa con los métodos estructurales. Esta "complementación" resulta muy interesante en la neuropsicología sistémica. El conocido neuropsicólogo K. Pribram, al emplear este método, alcanzó importantes resultados en el estudio de las funciones del comportamiento del organismo como un todo en sus relaciones con los diferentes sistemas de estructuras de neuronas que componen el cerebro. La neuropsicología sistemática es, según sus palabras, el eslabón que enlaza la neurofisiología (estudio químico y eléctrico de las funciones de las células nerviosas) con el análisis de comportamiento de las funciones.[25]

Pasemos a otra esfera de las investigaciones científicas: la ecología. En los estudios de los lagos y de otros grandes sistemas de la naturaleza, así como en la creación de micro-ecosistemas de laboratorio, el ecólogo norteamericano Odum señalaba enfoques contrarios: el holista y el merológico. En el enfoque holista, el lago se examina como una "caja negra", cuya función puede ser descrita sin explicar el contenido inte-

rior; en el merológico se razona acerca de las partes del sistema y se intenta construir el todo a partir de ellas.[26] La posibilidad de describir y prever el comportamiento de los sistemas ecológicos con ayuda de modelos depende, en grado considerable, según este científico, del principio de organización jerárquica. Al revelar el contenido de este principio, destaca que para pronosticar el comportamiento del sistema no es obligatorio saber cómo sus componentes están formados por subcomponentes más simples. Por ejemplo, para describir la fisiología de las células no es obligatorio comprender totalmente su bioquímica; de igual forma, para describir la dinámica de las poblaciones de animales no se requieren conocimientos fundamentales de fisiología. Esta idea se apoya en un esquema donde los procesos y estructuras de sistemas ecológicos se representan en forma de "caja negras" compuestas de otras cajas negras más simples que forman una jerarquía de complejidad.[27]

El macroenfoque recibió amplio reconocimiento en las ciencias sobre la naturaleza inorgánica. En la física actual se utiliza, por ejemplo, en el estudio de las propiedades del núcleo atómico. La teoría del núcleo atómico dispone hasta ahora de conocimientos referentes a la composición del núcleo, a sus elementos, los protones y neutrones, al tiempo que la naturaleza de las fuerzas nucleares aún no ha sido descubierta. La solución del problema acerca del carácter de la interacción de los elementos se lleva a cabo por medio del estudio del comportamiento del sistema en su conjunto, bajo la influencia de ciertos factores, y se deduce de las propiedades del sistema. De igual forma, la investigación de las partículas elementales, especialmente reflejadas en la teoría de las "matrices de dispersión", tiene como premisa metodológica el enfoque funcional. Esta teoría estudia la relación del estado de las partículas antes de la interacción ("partículas descendentes") con su estado después de ella ("partículas dispersadas"), haciendo abstracción del mecanismo interior de la interacción.

Si pasamos a la esfera de las computadoras analógicas, veremos que su trabajo también está basado en el principio de isofuncionalidad, es decir, de funciones obtenidas en la salida del circuito electrónico de la máquina, análogas a la función buscada en la tarea, que carece de relación directa con los procesos en los circuitos eléctricos. Estas tareas pueden referirse a cualquier esfera de investigación. El muy conocido método de tensiones elásticas del campo electromagnético se basa

también en la propiedad de isofuncionalidad.[28] Otra de las brillantes aplicaciones de la isofuncionalidad es la teoría de la "congelación" de las líneas de fuerza magnética de Alven.[29]

En resumen, la utilización del enfoque funcional en las diferentes esferas del conocimiento, demuestra el reforzamiento de las tendencias generalizadoras, la propagación cada vez mayor de la esfera de aplicación de las ideas cibernéticas para investigar fenómenos complejos. En relación con el análisis de las condiciones lógico-metodológicas de la cibernetización del conocimiento, no carece de interés referirse a las investigaciones que aclaran otro campo del conocimiento: el físico, con el objetivo de mostrar las tendencias metodológicas generales. Sabemos que el arsenal de los medios teóricos y metodológicos de la física ha sufrido una metamorfosis sustancial. El análisis de estas modificaciones, realizado en el trabajo de M.E. Omelianovski, nos ayudará a aclarar esta generalidad.

Omelianovski ha realizado una investigación comparativa del carácter específico de los medios metodológicos iniciales de que disponía la física clásica, a diferencia de la teoría de la relatividad y la cuántica. Según su opinión la tendencia clásica —que a veces se sigue hoy— se apoya en la presuposición de que a partir de las partículas elementales y de sus leyes de comportamiento pueden explicarse las propiedades de cualquier sistema material en el Universo. El desarrollo de la teoría, de la relatividad y de la teoría cuántica del campo estimula, sin embargo, la tendencia contraria de explicar los fenómenos elementales partiendo del conocimiento acerca del todo.[30] En otras palabras, también en la ciencia física se observa el fortalecimiento de las tendencias a moverse en el conocimiento del fenómeno íntegro hasta sus elementos. El conocimiento más profundo y pleno de la compleja organización de los objetos materiales conduce inevitablemente a la asimilación de los procedimientos dialécticos del conocimiento, pues, cuando éste se apoya en una información sobre determinados aspectos aislados de los fenómenos —trátese de las partes o del todo fuera de su dependencia de aquéllas—, sufrirá inexorablemente de unilateralidad.

El hecho de la dialectización del propio conocimiento científico-natural, que se expresa en la investigación de un mismo fenómeno a diferentes niveles y en sus diferentes aspectos, condiciona el afianzamiento de los procedimientos dialéctico-materialistas del conocimiento. Esto, como señalamos, se manifestó con toda evidencia en el conocimiento cibernético, así como en el físico.

A partir de lo expresado sobre la esencia del método funcional de investigación, resultan perfectamente claras su utilidad y necesidad. Al mismo tiempo, su limitación se transparentó fácilmente en la definición misma del enfoque funcional. Dicha imperfección se explica por el hecho de que todo sistema complejo se enfoca exclusivamente como un fenómeno observable. A. A. Liapunov y S. V. Iablonski ven la limitación del macroenfoque en que "no ofrece la posibilidad de explicar completamente la organización del sistema de control". Es evidente que el macroenfoque apenas ofrece representación alguna sobre la estructura del esquema del sistema de control. Como regla, tampoco permite encontrar la función completa del sistema directriz, pues es imposible descubrir, mediante un experimento exterior, el carácter de las modificaciones del estado de la memoria interior y la existencia de transformaciones en el esquema —que tiene lugar, por ejemplo, durante el trabajo del programa—. A pesar de lo señalado, el macroenfoque tiene gran importancia en las investigaciones de los sistemas de control, sobre todo en su primer estadio.[31]

Son muy interesantes al repecto las consideraciones de N. A. Bernstein, quien ve la limitación del método de la "caja negra" en un plano algo diferente. Según él, el postulado de univocidad en que se apoya este método —a cada función trasmisora dada corresponde un mecanismo interior único— sólo es válido para las cadenas simples de causa-efecto con dos miembros. En el caso de las cadenas complejas puede existir toda una serie de estructuras y esquemas interiores del más diverso carácter, los cuales, sin embargo, dispondrán de características perfectamente indiferenciables de correlaciones entre entrada y salida.

Según N. A. Bernstein, la complicación que introduce el método de la "caja negra" no lleva inevitablemente a la simplificación, sino que

> puede plantear al investigador un conjunto de fórmulas de posibilidades iguales y poco aproximativas, cuyo número será mayor mientras más se haya simplificado la concepción inicial. El error de muchos creadores de "tortugas electrónicas" fue precisamente que, sin previa selección crítica, eligieron de ese conjunto la primera variante que les vino a mano, por no tener garantía alguna de que la variante en cuestión coincidía realmente, en una prime-

ra aproximación, con la organización oculta del prototipo.[32]

La modelación, continúa Bernstein, ofrece un criterio muy exacto y fiable de la inutilidad de la hipótesis de trabajo probada, es decir, asusta al científico con el peligro de simplificaciones que lo llevarán a un callejón sin salida.

La limitación del enfoque funcional, como también de la cibernetización de la ciencia en general, puede verse en otra circunstancia. La distinción de la clase de sistemas autocontrolados se basa, como es conocido, en la abstracción de todos los demás rasgos específicos de los sistemas de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento. Pero esta especificidad, precisamente, es el conocimiento límite sobre estos sistemas; por ello, la manifestación específica de estos rasgos resulta indeterminada e imprevisible desde el punto de vista de la cibernética.

Se debe reconocer, sin embargo, que algunos métodos modernos de investigación, a pesar de la comprensión del carácter limitado del método funcional, se apoyan por su esencia en la idea de la posibilidad de obtener una información completa y adecuada sobre la estructura de un sistema complejo, sobre la base de conocer sus reacciones de "entrada-salida". Un ejemplo de esa estrategia investigativa son el método de los *tests* y los resultados de solución de tareas en que se apoya el estudio de la estructura interior de la conciencia. La presencia de tales medios de investigación permite explicar la ausencia de otros métodos del conocimiento en la psicología y la pedagogía para el estudio de un fenómeno tan complejo como la conciencia humana.

En efecto, cuando se comparan reacciones de entrada y salida, se presupone imprecisamente que la esencia del sistema se agota en sus manifestaciones funcionales. Sin embargo, es más que evidente que las reacciones a los *tests* no constituyen un reflejo completo de los vínculos causales internos, que la racionalidad del hombre no puede deducirse unívocamente de sus reacciones externas. Dicha evaluación del intelecto puede resultar válida para la "razón" maquinizada.

No obstante, el enfoque funcional es indudablemente fructífero y heurístico como conocimiento teórico previo, primario. La creación de un modelo funcional como intento por detectar la estructura del sistema sobre la base del estudio de su comportamiento, no significa la conclusión de la inves-

tigación científica. Se trata sólo de su punto de partida. Al mismo tiempo, hay que reconocer que el enfoque funcional no debe ser considerado como método para la solución definitiva de problemas científicos concretos. Se diferencia de los métodos teóricos particulares aplicados en los campos especiales de las ciencias naturales. Sin duda, estos métodos deben clasificarse en distintos tipos, con diferentes funciones específicas. La tarea de los métodos científicos generales consiste en indicar la orientación y los enfoques generales de los problemas investigados, en lugar de los modos concretos de su análisis y solución. Estas últimas funciones son cumplimentadas por los métodos científicos teóricos particulares. Los métodos científicos generales pueden identificarse, de forma fundamentada, con la estrategia de la investigación.[33] En otras palabras, el enfoque funcional es más un principio que una teoría del conocimiento científico. Es una premisa peculiar para la formulación de una tarea científica, aunque no propiamente un procedimiento teórico para su solución.

La cibernetización del saber y el enfoque funcional

Hay que destacar otro importante rasgo de lo nuevo en las investigaciones de las redes funcionales. Se trata de lo nuevo condicionado por la forma abstracta de enunciar los problemas, por la utilización del procesamiento matemático a partir de la técnica electrónica y novísimos medios de optimización.[34]

Las direcciones principales en el crecimiento de las representaciones teóricas en la ciencia están vinculadas con la matematización del conocimiento; es un rasgo de las teorías desarrolladas la utilización de formalismos matemáticos que se realizan en la axiomatización y formalización de las teorías, en la creación de modelos e hipótesis matemáticos. La utilización del aparato matemático, como ya se ha señalado, es un poderoso instrumento del conocimiento científico moderno.

Este punto de vista acerca de la naturaleza del conocimiento matemático es muy importante para la comprensión del proceso de cibernetización de los conocimientos y, en particular, de los éxitos del método funcional. Este método no hubiera sido tan fructífero de no poseer un contenido generalizado, expresado en forma matemática. Es precisamente el carácter abstracto de las redes funcionales el que permite, basándose

en ellas, estudiar objetos de distintas clases de fenómenos, lo que hace este método flexible y lo convierte en condición del éxito en el estudio de la estructura de los sistemas complejos. La utilización del aparato lógico-matemático conduce a una comprensión más profunda del vínculo interior entre los diferentes elementos de la teoría científica, precisa sus estructuras y refuerza considerablemente la efectividad de sus pronósticos. Como señala I.V. Kuznetsov, la ciencia teórica como tal, en su forma desarrollada, surge allí donde se forman elaboraciones conceptuales que permiten trabajar con ellas como objetos idealizados, lo que ofrece entonces la posibilidad de desplegar su contenido propiamente teórico.[35]

El tránsito del estudio de las macropropiedades al de la microestructura puede ser realizado sobre la base del método axiomático.[36]

El enfoque matemático del problema de la "caja negra" permite considerar a ésta como un sistema de axiomas. Bajo este enfoque, la tarea del investigador consiste en establecer un sistema de axiomas que satisfagan los estados observables de entradas y salidas. Para ello hay que realizar una formalización, es decir, una rigurosa descripción de los posibles estados de entradas y salidas. Los resultados obtenidos por la formalización de las expresiones se contemplan como determinados efectos. Después, la tarea consiste en hallar un sistema de axiomas y unas reglas deductivas con las cuales se puedan obtener los efectos conocidos. Caso que se encuentre semejante sistema de axiomas y reglas deductivas, la estructura de la "caja negra" se considerará como la interpretación del sistema axiomático en cuestión. En este caso, los axiomas del sistema pueden tratarse como enunciados relativos a la estructura del objeto.

Sin embargo, el sistema de axiomas posee, como regla, no un modelo que constituye su interpretación, sino toda una clase de tales modelos, los cuales, además, pueden no ser isomorfos entre sí. Por consiguiente, el sistema de axiomas que es satisfecho por el objeto investigado no indica unívocamente la estructura de este objeto. Como es de comprender, aquí se manifiesta cierta limitación del método axiomático, limitación que es compensada por la ventaja de que el sistema axiomático permite investigar de inmediato toda una clase de fenómenos. Debido a que diferentes sistemas de acciones producen las mismas consecuencias, el sistema escogido —al cual satisface el comportamiento observado de la "caja negra"— no

puede considerarse la descripción única de la organización interior de la "caja negra"; ésta sólo puede constituir cierta hipótesis, más o menos probable.

En lo expresado acerca del desarrollo extensivo del enfoque funcional y de la matematización del conocimiento que genera, puede verse el papel creciente de los métodos matemáticos.

La concepción sobre las funciones de la cibernética en la ciencia contemporánea existe más bien como un conjunto de concepciones y representaciones acerca de ciertas ideas y métodos de la cibernética que se aplican en unos u otros campos. En lo que respecta a la "cibernetización" como forma especial de la actividad cognoscitiva, como proceso de elaboración de un nuevo conocimiento sobre la base de las ideas y principios de la cibernética, se trata de un círculo de cuestiones que se encuentra todavía en una situación de discusión teórica.

Al hablar de las funciones de la cibernética en la ciencia contemporánea, debe subrayarse que el desarrollo extensivo de dicha ciencia se expresa en el traslado de sus ideas y métodos a otras ciencias que no han elaborado todavía un aparato teórico suficientemente desarrollado y se enfrentan a la tarea de abarcar y asimilar un contenido empírico diverso. Precisamente, para resolver semejante círculo de tareas es que emergieron la biocibernética, la neurocibernética médica y otras.

De lo dicho se desprende que éste es uno de los caminos de teorización de la ciencia actual, que el creciente papel de las investigaciones teóricas está vinculado, precisamente, a la cibernetización, al traslado de las ideas y métodos de la cibernética a otras ciencias.

La cibernetización de la ciencia moderna puede realizarse en diferentes niveles. Uno de ellos tiene que ver con la adopción de métodos y técnicas de medición y de preparación de experimentos. Lo dicho se refiere, en primer término, a las computadoras y a la automatización actual. Otro de los niveles de utilización de las teorías y principios es la adopción de modos concretos para la edificación del conocimiento teórico.

De la aplicación de los métodos cibernéticos a diferentes tareas investigativas, donde el objeto de estudio lo constituyen los sistemas de control y de información complejos, se desprende que con su ayuda se lleva a cabo la formación de un nuevo conocimiento en una esfera bastante amplia de problemas cognoscitivos. ¿Puede considerarse por ello que los métodos cibernéticos constituyen un medio universal de teorización? ¿Hay que buscar entonces la causa de la poca efec-

tividad de estos medios en algunos casos, única y exclusivamente en la circunstancia de que una serie de problemas se encuentra sólo en la etapa inicial de comprensión teórica y que el ulterior desarrollo de la ciencia conducirá a formas más maduras del conocimiento teórico? El conjunto de los problemas emergentes hace necesario discutir la cuestión de los límites y posibilidades de la cibernetización de la ciencia actual.

Existen dos puntos de vista alternativos sobre el límite de extrapolación de los métodos cibernéticos. Según el primero, no existe tal límite, ya que cualquier objeto que sea un sistema complejo puede ser explicado por medio de estos métodos. El otro punto de vista insiste en la limitación de la esfera de aplicación de las ideas cibernéticas, pues sobrepasar determinados límites puede conducir a enunciados erróneos.

La experiencia del desarrollo de la cibernética expresa la tendencia a una aplicación cada vez más amplia de sus ideas y métodos, y se llega a considerar que ésta es un medio universal de teorización en las ciencias naturales y sociales. El punto de vista cibernético está tan difundido en el sistema moderno de cultura, que se ha llegado a hablar incluso de la cibernetización de la filosofía y de la concepción del mundo. Estas afirmaciones deben ser consideradas como demasiado audaces. Sin embargo, no cabe duda sobre la capacidad heurística del enfoque cibernético y sobre su utilización, que permite ulteriores analogías de gran amplitud.

En resumen, el enfoque funcional es uno de los métodos del sistema de procedimientos cibernéticos de conocimiento. Esta forma de descripción teórica precede a la teoría desarrollada para convertirse después en elemento del contenido de ésta junto con otros resultados. El modelo funcional no excluye la posibilidad de otras formas teóricas, pues éste refleja exclusivamente un "corte" especial de la realidad, por lo que resulta limitado.

Debe reconocerse, sin embargo, que esta forma de descripción teórica, a pesar de su carácter precedente, posee una significación independiente e introduce cierta claridad teórica para la comprensión del fenómeno estudiado. El modelo funcional se trasforma en dependencia de la especificidad de la clase, aunque desde el punto de vista de su capacidad heurística indica la posibilidad de obtener conocimientos de un determinado tipo y pronostica el conocimiento de la organiza-

ción sobre la base de la correlación con la clase correspondiente de comportamiento funcional.

Todo lo dicho sobre la naturaleza del método funcional muestra que determinadas premisas metodológicas para el conocimiento de los fenómenos están condicionadas por la raíz empírica y teórica de la ciencia. Dicho con otras palabras, el papel preponderante de unos u otros procedimientos metodológicos reside en las leyes reales del desarrollo de la ciencia misma. Así, bajo la influencia de las dificultades para estudiar la estructura interna de los sistemas complejos surgen "modelos locales" de ciertos medios y reguladores metodológicos, cuya misión es encontrar los caminos para la explicación de esta estructura. Entre ellos se encuentra el método funcional, que ha adquirido amplio reconocimiento en el sistema moderno del conocimiento científico.

2. ALGORITMO Y MÉTODO DE ALGORITMIZACIÓN

La segunda mitad de nuestro siglo se caracteriza por los avances fundamentales en el conocimiento y la práctica relacionados con la cibernética, la matemática de máquinas, y la técnica de computación, información y control. Una de las expresiones más importantes de este fenómeno es el lugar que, en el arsenal de los métodos científicos, ocupan hoy los algoritmos en sus formas "humana" y "maquinizada". La elaboración y aplicación de los algoritmos se ha convertido en un método especial de investigación: el método de la algoritmización, que adquirió un carácter científico general.

El concepto actual de algoritmo se formó en el curso del desarrollo de una teoría lógico-matemática especial: la teoría de los algoritmos. Esta teoría surgió como una rama de la lógica matemática y como una importante parte integrante de la fundamentación de la matemática; su establecimiento estuvo vinculado con las primeras precisiones del concepto intuitivo —de contenido, no formal— de algoritmo, que existía difusamente desde mucho antes en la matemática. Después de la aparición de la cibernética y de las máquinas computadoras, la teoría de los algoritmos adquirió nuevas resonancias, relacionadas, ante todo, con los lenguajes de programación generalizada de los sistemas de computación. El concepto de algoritmo penetró en todos los campos del conocimiento que utilizaban métodos matemáticos. En los últimos 10-15 años,

cuando este concepto encontró su lugar en toda una serie de disciplinas dentro de un amplio diapasón de ciencias particulares y esferas de la actividad práctica (psicología, neurofisiología, teoría y práctica de la enseñanza, ciencia sobre el lenguaje y semiótica, etc.), la teoría de los algoritmos y la teoría de los lenguajes de grabación de algoritmos (teoría de los lenguajes algorítmicos) comenzaron a desempeñar el papel de fundamento de un nuevo método investigativo: el enfoque algorítmico o método de algoritmización.

Los niveles del concepto "algoritmo"

El punto de partida del análisis metodológico de la idea del algoritmo y del proceso de su aplicación: el proceso algorítmico, lo constituye la distinción de los cuatro niveles de examen —y de las formas de aplicación— del concepto algoritmo: nivel intuitivo de contenido, nivel de las especificaciones formales, nivel de las realizaciones maquinizadas y nivel de las aplicaciones no maquinizadas de este concepto fuera de la matemática. El primer nivel es aquel en el cual la idea de algoritmo se utiliza en la matemática de contenido, no formalizada ni maquinizada. Al segundo nivel corresponde la teoría de los algoritmos. El tercero es el nivel de los algoritmos programados para su introducción en computadoras y su realización en éstas. El cuarto nivel aparece cuando se producen debilitamientos del concepto de algoritmo, condicionados por las aplicaciones no maquinizadas del método de la algoritmización en campos no matemáticos.[37]

En el nivel intuitivo de contenido se entiende por algoritmo la prescripción exacta de un proceso discreto —compuesto de "cuantos de conducta" separados— de procesamiento de información, que va desde los datos iniciales hasta el resultado buscado. El algoritmo está compuesto de operaciones de procesamiento de información e indicaciones "de procedimiento", es decir, aquellas que indican el orden en que deben realizarse las operaciones. Las reglas de comprobación de las "condiciones lógicas", que determinan la orientación del proceso algorítmico en los posibles "puntos de ramificación", sirven, ante todo, de "indicaciones de procedimiento". Los datos iniciales pueden ser cualesquiera objetos de un determinado conjunto que posean la propiedad de ser constantes, de cierta "rigidez"; habitualmente pueden ser considerados como de-

terminados signos (símbolos, letras, cifras, palabras de un cierto alfabeto) como elementos de un determinado alfabeto. A todo algoritmo corresponde un conjunto de procesos algorítmicos, cada uno de los cuales se indica unívocamente, por la prescripción para los correspondientes datos iniciales. Para decirlo brevemente, el algoritmo es la prescripción que dirige un proceso algorítmico, gracias a que contiene imperativos de acciones elementales, cuya ejecución consecuente conduce, en el caso de datos iniciales apropiados, a la solución de tareas de un determinado tipo.

El algoritmo, en calidad de prescripción para el procesamiento de información, debe poseer algunas propiedades obligatorias. Éstas son: la determinabilidad —carácter unívoco—, la masividad y la resultatividad de las prescripciones. La primera de las propiedades señaladas consiste en el carácter rígidamente unívoco, la determinación, la exactitud y la comprensibilidad general de las prescripciones, de manera que excluya todo doble sentido o incomprensión. Dicho con más exactitud, esta propiedad consiste en que las reglas e indicaciones de procedimiento que entran en el algoritmo determinan con claridad y precisión las operaciones y las condiciones de realización de cada acción; una operación elemental algorítmica es aquella que puede realizar "automáticamente" cualquier ejecutante, sea un hombre o una máquina, que haya aprendido a trabajar con un determinado tipo de algoritmo.

Otra de las propiedades importantes de los algoritmos es su masividad: la prescripción que constituye el algoritmo indica un proceso de cálculo —procedimiento de información— para los datos iniciales, los cuales pueden variar. El algoritmo, por tanto, es un método efectivo para la solución de tareas de cierta clase, que están caracterizadas por todos los datos iniciales posibles.

La capacidad de solución positiva del algoritmo consiste en su orientación hacia la obtención de un resultado, es decir, el objetivo de su aplicación es la solución de tareas del tipo previsto.[38]

Con los algoritmos y los procesos de su aplicación están relacionadas determinadas abstracciones e idealizaciones. Se trata, ante todo, de las abstracciones de identidad y de realizabilidad potencial y la idealización del objeto constructivo.[39]

La abstracción de identidad consiste en que entre los objetos que forman el conjunto de los datos iniciales y de los resultados intermedios y definitivos del trabajo del algoritmo,

se supone establecida una relación de igualdad —semejanza, equivalencia— que permite identificar objetos "iguales" —en el sentido de la relación de que se trata— y distinguir los "diferentes", es decir, reconocer los objetos. En dependencia del sistema-ejecutante de los algoritmos, la relación de igualdad puede cambiar. Sin embargo, los objetos a los cuales se intenta aplicar un algoritmo deben ser, en todo caso, objetos constructivos. Se llaman así los objetos accesibles a una observación directa y que pueden ser reconocidos, o bien que se someten a una construcción efectiva —en particular, el propio algoritmo es un objeto constructivo que funciona sobre otros objetos constructivos—. La idealización del objeto constructivo significa que en el correspondiente conjunto de objetos ha sido establecida una relación de igualdad, condicionadora de su reconocimiento unívoco por el mecanismo ejecutante.

La idealización del objeto constructivo está estrechamente relacionada con la abstracción de realizabilidad potencial. Según A. A. Markov, ésta consiste en la abstracción de la limitación de las posibilidades constructivas de los hombres en el tiempo, en el espacio y en los materiales. Como resultado de esta abstracción, cualquier proceso algorítmico que lleva a cabo la entrega de un resultado se considera realizable, es decir, potencialmente realizable, ya que exige, siempre y exclusivamente, un número finito —aunque pudiera ser inmensamente grande— de actos de aplicación de las operaciones del algoritmo.

Las propiedades fundamentales del algoritmo y de las abstracciones o idealizaciones antes descritas, en las cuales se apoya el concepto de algoritmo, tienen que ver con éste, tanto a nivel intuitivo-de contenido, como a nivel de la teoría de los algoritmos.

Como muestra de la experiencia multisecular de la matemática, la concepción intuitiva-de contenido de los algoritmos es suficiente para establecer cuáles prescripciones pueden considerarse algoritmos. Pero resulta insuficiente cuando hay que razonar sobre los propios algoritmos, es decir, demostrar los juicios generales sobre ellos o refutar la existencia de un algoritmo que resuelve uno u otro problema masivo. Utilizando la idea intuitiva de algoritmo no se puede demostrar con rigor, digamos, la imposibilidad de los algoritmos que calculan determinadas funciones aritméticas. Para la realización de semejantes demostraciones, el concepto de algoritmo debe ha-

cerse más preciso. Esta tarea se resuelve en la teoría de los algoritmos, en la cual se han elaborado las precisiones o explicaciones de ese concepto. Esas precisiones fueron la "función recursiva": con ayuda de este concepto se precisó no la idea de algoritmo, sino el concepto de función, calculada mediante algoritmo (la "máquina de Turing", el "proceso combinatorio finito" de E. Post, cuyas teorías fueron creadas en los años treinta; el "algoritmo normal" y la teoría que le corresponde fueron creados por A. A. Markov algo después). El sentido de estas precisiones consiste en la sustitución del concepto intuitivo de contenido de algoritmo por un concepto equivalente, es decir, por un concepto de algoritmo poseedor de una definición rigurosa —en sentido matemático—; la equivalencia consiste en que a cualquier algoritmo, en el sentido del contenido, le corresponde una explicación matemática de algún tipo o clase de algoritmo del tipo contemplado por la precisión en cuestión, precisamente aquel cuyas posibilidades informativas coinciden con las posibilidades del algoritmo inicial. Esta equivalencia de los conceptos que precisan y que son precisados no puede ser objeto de demostración matemática, sino que se acepta como principio o tesis fundamental. Dicha tesis adopta una forma específica en cada teoría de los algoritmos. Las tesis fundamentales de la teoría de los algoritmos obtienen su justificación en la eficacia teórica de las construcciones que se desarrollan sobre la base de ellas y en la coincidencia de las conclusiones de estas construcciones con la práctica de la matemática que realmente trabaja. Por cierto, a favor de las tesis fundamentales habla por sí mismo el argumento, también rigurosamente fundamentado por la matemática, de la equivalencia entre todas las explicaciones conocidas del concepto de algoritmo, equivalencia que consiste en la recodificación mutua de los algoritmos y los procesos algorítmicos del lenguaje.

La teoría de los algoritmos es un sistema de teorías que ofrece el nivel más abstracto del concepto de algoritmo relacionado con la admisión de una realizabilidad potencial. El rechazo de la abstracción "proceso potencialmente realizable", o la limitación de esta abstracción, conduce a otros niveles mucho más "concretos" del concepto en cuestión, entre ellos a los algoritmos para máquinas, es decir, a los programas de computadoras como una forma especial de realización de la idea del algoritmo.

Hay que señalar que las especificaciones antes mencionadas del concepto "algoritmo" se referían en todo momento al aspecto maquinizado. Esto tiene que ver, sobre todo, con la precisión de Turing, la cual fue directamente realizada por su autor en una terminología "de máquinas"; los algoritmos de Turing presuponen, en calidad de mecanismo ejecutor, cierta máquina idealizada —un esquema semejante a una máquina— con una memoria de capacidad ilimitada. Un carácter similar tiene la precisión de Post o máquina de Post. Ambas explicaciones otorgan una generalidad máxima a los procesos de cálculo con máquinas, si se considera como tal cualquier transformación de una determinada configuración simbólica (palabras en un alfabeto) según reglas rigurosamente determinadas.

Cuando aparecieron las computadoras, que realizan cálculos sobre la base de programas, surgió una nueva forma de algoritmo: los algoritmos realizados por máquinas. Estos algoritmos —programas para computadoras— constituyen un nivel menos "alto" de la idea de algoritmo, en el sentido de que no sólo son potencialmente sino realmente realizables. Las computadoras no son mecanismos idealizados, sino reales, cuya memoria es limitada, al igual que el tiempo consumido en la solución de cada tarea.

Es necesario tener presente que los cálculos en máquinas idealizadas y en las reales tienen un cierto parentesco. Así, los algoritmos confeccionados en los marcos de las especificaciones a que nos hemos referido incluyen obligatoriamente —sea ostensible o no— condiciones lógicas, es decir, problemas que presuponen habitualmente una de sólo dos respuestas posibles: *sí*, *no*. Pero tales condiciones están presentes también en los programas para máquinas, lo que testimonia el vínculo entre la teoría de los algoritmos y la programación para computadoras, en las que todo el proceso de computación se realiza, de hecho, en elementos que poseen sólo dos estados estables. La semejanza entre los algoritmos-explicaciones y los programas para máquinas puede observarse también en toda otra serie de propiedades estructurales semejantes. Sin embargo, lo más asombroso es que tanto las computadoras como los programas para ellas pueden contemplarse como precisiones del concepto intuitivo de contenido de algoritmo. Precisamente, con cada tipo de computadora, en sentido general, tomada junto con su aseguramiento matemático, se puede relacionar una tesis semejante a las tesis fundamentales de la

teoría de los algoritmos, si admitimos la idealización de lo ilimitado de la memoria exterior de la máquina y del tiempo para solucionar las tareas. De hecho, esta circunstancia se tiene en cuenta cuando se habla de la universalidad de las posibilidades calculadoras, informativas, de las computadoras.

Las abstracciones y las idealizaciones relacionadas con la idea de algoritmo poseen una significación que va mucho más allá de los marcos de la teoría de los algoritmos y la programación para computadoras. Así, la abstracción de realizabilidad potencial constituye una parte inseparable de la fundamentación lógica de la matemática, en particular, de la orientación constructiva de esa ciencia —también forma parte de la lógica de esta orientación—; dicha abstracción constituye una importante categoría de la cibernética teórica y de la lógica deductiva moderna. En este caso, puede hablarse de los dos aspectos de la mencionada significación. El primero se manifiesta en la creación de teorías que adoptan esta abstracción; el segundo, en la elaboración de los caminos para su debilitamiento y en el estudio de aquellos medios teóricos, y prácticos, que pueden crearse sobre esta base. También puede hablarse de estos dos aspectos en relación con otras abstracciones e idealizaciones en las cuales se basa la idea del algoritmo. El debilitamiento de las abstracciones e idealizaciones —simplificaciones— mencionadas es una característica que desempeña un papel especial en el cuarto nivel del concepto "algoritmo". Este nivel aparece cuando, además del rechazo de la abstracción de realizabilidad potencial, tiene lugar un ulterior debilitamiento de las exigencias formuladas a las prescripciones que indican una conducta regular o funcionamiento. Estos debilitamientos tienen que ver con los conceptos de objeto constructivo y operación elemental. Dicho nivel está estrechamente relacionado con la investigación de la conducta humana, la enseñanza y la psiquis. Los debilitamientos del concepto de algoritmo resultan fructíferos para la descripción de los aspectos puramente humanos del procesamiento de información, problema que trataremos en el párrafo final del presente capítulo.

Lenguajes algorítmicos

Los algoritmos, en cualesquiera de los niveles descritos anteriormente, constituyen la fuente de la semántica específica de

los lenguajes científicos y de trabajo. Los lenguajes cuyas proposiciones no son enunciados sino algoritmos, es decir, prescripciones para una determinada conducta o funcionamiento, se denominan algorítmicos. La finalidad de los lenguajes algorítmicos es servir de medio para la fijación de algoritmos, es decir, de proposiciones imperativas específicas —y de los sistemas de tales proposiciones—, con el objetivo de que sean realizados por máquinas, aplicados o estudiados por el hombre, conservados, trasmitidos, etcétera. Dichos lenguajes, de forma natural, entran en el concepto general de lenguaje tal como se ha establecido en la lógica y la semiótica modernas, donde se denomina lenguaje a cualquier conjunto de expresiones, en determinado alfabeto de signos, creadas en concordancia con ciertas reglas, no obligatoriamente formales, y que son comprendidas de cierto modo.[40]

De la misma forma que los algoritmos y las reglas de la lógica y la gramática, el surgimiento de los lenguajes algorítmicos se remonta a la más profunda antigüedad. De hecho, los primeros lenguajes algorítmicos fueron los lenguajes conversacionales naturales, ya que servían para expresar órdenes que exigían determinadas acciones. Si el círculo de formas de conductas sujetas a reglamentación está limitado en un determinado sentido, para la indicación de una acción puede servir cualquier parte de un lenguaje natural. Los ejemplos de esta afirmación son bien conocidos. Son, por ejemplo, los "lenguajes algorítmicos" de recetas para la preparación de alimentos o para tejer. Los lenguajes naturales, complementados con expresiones y signos de la simbología y la terminología matemática, desde hace tiempo sirvieron para representar algoritmos. Los matemáticos del Antiguo Oriente formularon ya algoritmos de cálculo. En la ciencia de la Grecia antigua aparecieron algoritmos para las elaboraciones geométricas. Por ejemplo, puede considerarse un lenguaje algorítmico el utilizado en las elaboraciones de la geometría del círculo y la recta de Euclides.[41] Para ello utilizó la lengua griega, estandarizada gracias a la utilización de un conjunto limitado de frases y expresiones, y complementada con algunos medios expresivos: denominaciones con letras. En los casos necesarios, el lenguaje moderno (de contenido) de la matemática desempeña el papel de lenguaje algorítmico, parte componente del cual es, como se sabe, un fragmento del correspondiente lenguaje natural, necesario para otorgar coherencia lógica a las fórmulas matemáticas. En el concepto de lenguaje algo-

rítmico entran los lenguajes que precisan del concepto de algoritmo en los marcos de sus teorías —los lenguajes de funciones recursivas, la máquina de Turing, los algoritmos normales de Markov, etc.—, el lenguaje de los esquemas lógicos de los algoritmos —según A. A. Liapunov—, los lenguajes de programación, que trataremos más adelante, etcétera. Los lenguajes algorítmicos modernos se construyen como lenguajes formalizados con una sintaxis rigurosamente establecida y una semántica precisa. En particular, así son siempre los lenguajes de programación.

Si los algoritmos representados —en las proposiciones de abstracción de realizabilidad potencial— en un determinado lenguaje algorítmico pueden servir de precisión del concepto de algoritmo intuitivo-de contenido, dicho lenguaje se denominará algorítmico universal. Los lenguajes modernos de programación —como el Algol, el Fortran y otros— son algorítmicamente universales: si admitimos una computadora idealizada, aquéllos introducen el concepto computadora = computabilidad, equivalente a algoritmizable en el sentido de la teoría clásica de los algoritmos. La universalidad algorítmica del lenguaje constituye la garantía de que el procesamiento de la información, determinada por las prescripciones en un lenguaje determinado, nunca encontrará obstáculos debido a la falta de reglas correspondientes para su realización, y es garantía también de que el sistema de reglas del lenguaje en cuestión sea, como se dice, algorítmicamente pleno.

En la actualidad, los lenguajes de programación —lenguajes de comunicación del hombre con la computadora— se han convertido en una importantísima clase de lenguajes algorítmicos. Dichos lenguajes sirven para fijar los datos iniciales de los cuerpos —masivos— de tareas sometidas a solución en la máquina, para la entrega de los algoritmos —programas—, para su procesamiento en la computadora y para la presentación al hombre de los resultados del procesamiento en cuestión. Las partes sintáctica y semántica de los lenguajes de programación poseen un carácter "maquinizado": la primera parte determina el tipo de expresiones utilizadas para la descripción de los programas; la segunda, su sentido operacional. Para una amplia clase de lenguajes de programación tiene lugar la plenitud algorítmica de las reglas de procesamiento de información contempladas por ellos, lo que, como señalamos, hace universales las máquinas capaces de realizar los programas confeccionados en esos lenguajes.

La esencia de los lenguajes de programación, que los diferencia de otros lenguajes algorítmicos, consiste en que están destinados a la formulación de prescripciones para ser introducidas en computadoras, es decir, a la realización del concepto computadora = computabilidad. Semejante computabilidad recurre a las abstracciones de realizabilidad potencial en grado mucho menor que las precisiones clásicas del concepto de algoritmo. Para los lenguajes de las funciones recursivas, de las máquinas de Turing, de los algoritmos normales, etcétera, la abstracción en cuestión constituye una condición necesaria de su utilidad teórica. En el caso de los lenguajes de programación esta abstracción es —cuando se utiliza— lo que pudiera calificarse de "mal necesario": estos lenguajes no poseen una orientación teórica, sino práctica.

Por supuesto, en ambos tipos de precisiones del concepto de algoritmo —los de las teorías clásicas de los algoritmos y los utilizados en las computadoras— se emplean, en lo fundamental, como ya señalamos, medios imperativos y expresivos semejantes. Por ejemplo, aquí y allá tiene lugar una diferencia entre los operadores que procesan la información y los operadores que comprueban las condiciones lógicas. Sin embargo, en las precisiones clásicas, el conjunto de operadores no es muy grande. Por ejemplo, en los algoritmos normales se utilizan operadores de procesamiento de un tipo: las fórmulas de sustitución, y el único operador condicional es, de hecho, el operador de comprobación de la aplicabilidad de la fórmula de sustitución. En los lenguajes algorítmicos que sirven para confeccionar programas de computadoras y para introducir en la máquina los datos iniciales de las tareas a solucionar, el conjunto de operadoras es incomparablemente más rico. Esta ampliación de las posibilidades expresivas y operacionales de los lenguajes algorítmicos tiene que ver, ante todo, con los operadores de procesamiento de información, y sirve para "sustituir" la realizabilidad potencial por otra real.

En la programación moderna para computadoras se utilizan lenguajes de diferente grado de generalidad con respecto a los medios expresivo-operacionales. El lenguaje menos generalizado es el del interior de la máquina, es decir, el de las órdenes a la máquina numérica, o sea, instrucciones para la ejecución de operaciones que resultan elementales en la máquina en cuestión. En los comienzos del desarrollo de la matemática de computación y la cibernética, la programación se llevaba a cabo en estos lenguajes: tanto los datos iniciales como los

programas para la solución de tareas se fijaban por el programador en este lenguaje y en esa forma se introducían en la máquina. Sin embargo, muy pronto, ya en los años 50, se tuvo conciencia de que dicho método de comunicación con la máquina retrasa el desarrollo y la difusión de las computadoras, ya que es demasiado trabajoso y exige del programador el conocimiento de las propiedades especiales de cada máquina. Por tal razón se elaboraron lenguajes de programación de carácter más generalizador, ampliado, y más cercanos al lenguaje de la matemática de contenido común. En este caso, la exigencia fundamental fue que los lenguajes no dependieran de las propiedades específicas de las máquinas de uno u otro tipo, y que sus expresiones fueran fácilmente distinguibles, compactas y cómodas en su utilización por el hombre. Estas exigencias son satisfechas, en diferente medida, por todos los lenguajes modernos de programación generalizada. En ellos se ha introducido el alfabeto de la simbología matemática y expresiones del lenguaje natural —del inglés, ruso, etc.— que figuran en la matemática no formal, del tipo "si ... entonces ... en caso contrario". Entre estos lenguajes los más conocidos son el Algol, el Fortran, el Cobol y otros.

En la actualidad, la mayor parte de la actividad investigativa y comercial —por supuesto, en las esferas formalizadas— transcurre según el siguiente esquema. El hombre crea un algoritmo para una tarea masiva cuya solución se busca a partir de determinados datos iniciales —normalmente este algoritmo se fija en un lenguaje matemático común—; el mismo determina el curso general del procesamiento de la información. El algoritmo es traducido, también por el hombre, al lenguaje de la programación generalizada. En la máquina, en el conjunto de su aseguramiento matemático interior, existe un programa para la traducción automática de textos de ese lenguaje al lenguaje interior de la máquina; el programa para la solución de la tarea masiva en cuestión se introduce en la máquina junto con los datos iniciales; el trabajo de ésta comienza con la "trasmisión"; siguiendo el programa programador, denominado trasmisor, la máquina traduce el programa y los datos iniciales de la tarea a su lenguaje interior, es decir, compone un sistema de órdenes según las cuales la computadora resuelve la tarea individual determinada por los datos iniciales. Una vez que se resuelve la tarea y se obtiene la respuesta buscada, el trasmisor traduce ésta al lenguaje de

la programación generalizada y la máquina entrega el texto correspondiente para ser impreso.

El programa para computadoras, fijado en un lenguaje de programación de cualquier nivel, constituye un algoritmo en el sentido en que éste fue descrito en la sección anterior. El cumplimiento por este programa de las propiedades de masividad y resultatividad es de por sí evidente. Más complicado es el caso relacionado con la propiedad de determinabilidad, ya que ésta es inseparable de la propiedad de comprensibilidad general, la cual, en el caso de los programas para máquinas, exige mayores explicaciones.

Observaremos previamente que la comprensibilidad general del algoritmo, en tanto que prescripción, no significa que el mismo tenga que ser ejecutado por cualquier sistema-ejecutante: el hombre o la máquina; significa, eso sí, que la prescripción debe ser cumplimentada por cualquier sistema-ejecutante para el cual esté orientada dicha prescripción. Esto no contradice la idea general de algoritmo, ya que, incluso en el caso de las reglas más elementales para el procesamiento de información, destinadas a ser ejecutadas por el hombre —pongamos por caso las fórmulas de sustitución en los algoritmos normales—, no todo mecanismo ejecutor está en condiciones de cumplimentarlas. Incluso las reglas más simples deben ser aprendidas por el hombre (otro problema es que dicha enseñanza puede ser muy sencilla). La diferencia entre los hombres en cuanto a la capacidad adquirida para realizar algoritmos de determinado tipo corresponde, en el caso de las máquinas, a sus diferencias constructivas y al aseguramiento matemático interior. No todo hombre sabe procesar una palabra en un determinado alfabeto en concordancia con el esquema del algoritmo normal o de la máquina de Turing. Para que un programa confeccionado en un determinado lenguaje de programación (por ejemplo, en el Algol 68) pueda ser introducido en una cierta computadora, es preciso que ésta disponga del trasmisor correspondiente, o el programa tendrá que ser traducido previamente por el programador al lenguaje de las órdenes maquinizadas. Por tanto, la capacidad de comprensión general del algoritmo-programa significa que el programa es "intelegible" para la máquina.

Ahora el concepto computadora-computabilidad puede ser aclarado de otra forma. Cada lenguaje de programación, en el caso de un lenguaje generalizado tomado con el trasmisor correspondiente que forma parte del aseguramiento matemá-

tico interior de la máquina, puede ser examinado como una precisión del concepto de algoritmo, naturalmente, si partimos del presupuesto idealizado del carácter ilimitado de la memoria de la máquina. Esta precisión varía en dependencia del lenguaje de programación y del carácter de la ejecución de los algoritmos por la máquina. La misma depende del sistema de automatización de la programación, del sistema operacional de la máquina, de la estructura de su memoria, del carácter de la entrada-salida de los datos, del método de comunicación del operador con la computadora, etcétera, o sea, de todo lo que se denomina aseguramiento matemático y estructura algorítmica de las máquinas.[42]

Unas palabras sobre la corta pero impetuosa historia de los lenguajes de programación. En breve plazo fue creado un gran número de tales lenguajes y surgió una situación que complicó la interacción —por ejemplo, el intercambio de programas— entre los diferentes centros de cálculo. Esto planteó la tarea de unificar los lenguajes de comunicación del hombre con la máquina. En el año 1960, en una conferencia de especialistas que tuvo lugar en París, se recomendó como lenguaje internacional de programación uno elaborado especialmente con este fin: el Algol. Este lenguaje, perfeccionado en el año 1962 —Algol 62—, tuvo aplicación en muchos países. No obstante, se descubrió que no tenía el mismo grado de efectividad para todas las tareas (su efectividad quedó demostrada en el caso de objetivos propiamente de cálculo, o sea, para la solución numérica de tareas). El Fortran, que surgió antes que el Algol, es otro de los lenguajes de mayor popularidad, y dispone, como otros muchos lenguajes de programación, de diferentes variantes y generalizaciones; también está orientado hacia trabajos propiamente de cálculo. El Cobol es otro lenguaje que, en la esfera económica, ha mostrado su efectividad. En general, se cuenta hoy con todo un conjunto de lenguajes de programación de difusión internacional que se distinguen, primordialmente, por los campos en que se aplican.

Hay que señalar que las diferencias, en el mundo de los lenguajes de programación generalizada, poseen pocos paralelos con las de los lenguajes de precisiones clásicas del concepto de algoritmo. Las diferencias entre estos últimos no están relacionadas con sus aplicaciones hacia algo fuera de la teoría de los algoritmos. Pero en los lenguajes de programación las diferencias están condicionadas, precisamente, por su orientación hacia determinadas esferas de aplicación: análisis

numérico, procesamiento de información económica, modelación matemática, etcétera. Esta diferencia se manifiesta, ante todo, en el carácter de los operadores de los lenguajes y en las relaciones mutuas entre ellos. A diferencia de los lenguajes de las teorías clásicas de los algoritmos, estas relaciones mutuas resultan muy complejas, lo cual exige gramáticas desarrolladas. En algunos lenguajes de programación, por ejemplo, en el Algol 68, existen incluso diferentes niveles lingüísticos, los cuales permiten, en particular, la formación de metaenunciados, o sea, enunciados sobre las expresiones del propio lenguaje.

En cada lenguaje de programación se pueden descubrir dos partes principales: una sirve para la anotación de la información procesada, mientras que la otra contiene los medios para la descripción de los procesamientos.

> En dependencia de la orientación del lenguaje, las partes señaladas pueden estar más o menos desarrolladas. Por ejemplo, en los lenguajes orientados a la solución de tareas científico-técnicas de cálculo, como regla, la primera parte del lenguaje es de poca consideración y está formada por la descripción de los tipos de datos numéricos —enteros, sustanciales, booleanos—, que a veces se complementan con la descripción de otras magnitudes —vectoriales, lineales, etc.—; la segunda está fuertemente desarrollada a cuenta de superposiciones de profundidad arbitraria sobre las operaciones básicas, que son, en lo fundamental, operaciones y relaciones aritméticas comunes, así como funciones elementales del análisis matemático. Otros lenguajes, por ejemplo, los orientados al procesamiento de datos económicos, se caracterizan por un aparato más desarrollado destinado a la descripción de la información procesada, la cual, como regla, constituye un conjunto de objetos de estructura compleja.[13]

La importancia de los lenguajes algorítmicos —en particular de los lenguajes de programación generalizada— como instrumentos de la actividad cognoscitivo-práctica a disposición de los investigadores, constructores, economistas y administradores modernos, se manifiesta con evidencia en la diversidad de papeles funcionales que se les puede dar a estos lenguajes, en los cuales unos son más apropiados y otros, menos. Estos lenguajes se utilizan tanto en los cálculos matemáticos,

en sentido estricto, y en el llamado procesamiento de datos, ejemplo del cual es el procesamiento de información económica, como en el procesamiento a máquina de textos comunes —lingüísticos— de fórmulas matemáticas —el llamado procesamiento simbólico—, y en la modelación de determinados procesos u objetos, etcétera. Las diferencias funcionales entre los lenguajes se determinan por su estructura, o sea, por la semántica de los mismos y por el carácter de su realización sintáctica. Esta estructura puede ser apropiada para la consecuente realización del proceso de computación o para hacer paralelos los procesamientos de información; puede resultar cómoda para superponer operaciones sobre los datos; puede contemplar la realización de "imperativos" generalizados del tipo "calcular un valor", los cuales pueden indicarse con poca claridad.[44] En este último caso, las órdenes formuladas a la máquina en el lenguaje dado se presentan en una forma cercana al lenguaje natural o al lenguaje habitual de la matemática.

Desde un punto de vista lógico, tiene especial importancia el desarrollo de los lenguajes adaptados al procesamiento de información en forma simbólica: letras o fórmulas. Dichos lenguajes son el Formac, el Fórmula-Algol, el Analitik. Se debe señalar que en algunos de ellos se utiliza el esquema algorítmico de sustitución de palabras por palabras tomadas de los algoritmos de A. A. Markov. Las sustituciones son cómodas para el procesamiento de textos de fórmulas y letras, para realizar lo que en matemática se conoce como solución analítica de tareas. Existen lenguajes, entre ellos el Lisp, que están muy bien adaptados a la realización de procedimientos recursivos.

En los lenguajes algorítmicos, o sea, en los lenguajes de programación generalizada, está presente una de las relaciones más significativas de la lógica y la semántica: la relación de nominación, es decir, la que existe entre el hombre y el objeto por él nombrado, la acepción del nombre. Esta relación adquiere en ellos la forma de una relación entre la denominación (dirección, identificador) y el objeto sometido a procesamiento, contenido de la dirección: la acepción de la denominación en cuestión. En algunos lenguajes de programación dicha relación es fundamental. En este plano es de interés el Algol 68, el cual, según la caracterización de V. M. Glushkov y E. L. Iushenko, adoptó toda la experiencia de la programación para computadoras. La relación "nombre —denominación— acepción" en

este lenguaje está concebida de tal manera que el nombre puede ser, a su vez, acepción; en el Algol 68 existe un desarrollado aparato de descripciones que permiten determinar, por medio del contexto correspondiente, los nuevos operadores, introducir nuevos símbolos, prescribir a los símbolos introducidos nuevas acepciones operacionales; en este lenguaje puede hablarse de programas que pueden ser acepciones.[45]

Los lenguajes algorítmicos —y sobre todo los de programación— se encuentran en una situación de desarrollo intensivo, por lo que plantean problemas cuya solución está mayormente condicionada por la práctica de la amplia aplicación de la matemática y la cibernética a los campos más diversos de la ciencia, la economía y la cultura. Veamos una expresiva caracterización de la situación creada, perteneciente a un especialista en lenguajes de programación.

> Supongamos que aparece una máquina de escribir con un teclado que en vez de letras tiene palabras. Con esta máquina ganamos en velocidad y exactitud, pero estamos limitados a los temas condicionados por el diccionario escogido, en el caso, naturalmente, de que no se ofrezca la posibilidad de utilizar letras. Lo mismo sucede en la programación: o perdemos la posibilidad de hacer todo lo que puede hacer la máquina, o brindamos la posibilidad de utilizar el lenguaje de ella.[46]

A veces se produce una situación en que es más fácil crear un nuevo lenguaje para trabajar con un nuevo objeto que estudiar lo específico de la máquina.

> Otra de las causas de la creación de diferentes tipos de lenguajes es el diferente enfoque para solucionar las tareas que se plantean. Algunos intentaron ir por el camino de crear los mismos métodos de descripciones que conocemos en los lenguajes naturales, incluido el lenguaje de la matemática. Sus esfuerzos estuvieron encaminados a la creación de una semántica totalmente independiente de la máquina. Otros prestaron mayor atención a la comunidad de las descripciones en los marcos de una máquina concreta o de grupos de máquinas. Hubo quienes tomaron como base el hecho indiscutible de que la computación no es propiamente una actividad cotidiana típica, por lo que es evidente que la mejor gramá-

tica de un lenguaje de computación deberá diferenciarse de la gramática de los lenguajes naturales.[47]

Por tanto, nos enfrentamos a tendencias contradictorias: por un lado, la aspiración a crear un lenguaje universal de programación para computadoras y, por otro, la tentativa de considerar lo específico de las tareas en las diferentes secciones de la matemática de computación, la cibernética y sus aplicaciones. La primera tendencia no ha encontrado todavía expresión concreta en un determinado lenguaje, aunque han sido elaborados métodos generales para el análisis de los lenguajes de programación, basados, particularmente, en las ideas de la teoría de los autómatas y de las teorías que generan gramáticas. Pero no por ello ha triunfado el camino de la especialización de los lenguajes.

El problema de si vale la pena intentar lograr un lenguaje único de programación o si es mejor orientarse hacia lenguajes especializados en correspondencia con los tipos de tareas a solucionar, parece estar muy lejos de haber encontrado su solución. No están claros los criterios que ha de satisfacer el lenguaje universal, ni existen los principios para seleccionar los campos que exige la elaboración de lenguajes especializados. Nos parece que el triunfo definitivo estaría en un compromiso razonable que permitiera combinar la especialización de los lenguajes de programación con la conservación de su universalidad algorítmica.

Los lenguajes de programación y los lenguajes naturales

La claboración, el perfeccionamiento y la ampliación de las aplicaciones de los sistemas y máquinas de computación constituyen una de las más importantes manifestaciones del progreso científico-técnico contemporáneo, en el cual se funden orgánicamente los factores tecnológicos y humano. En relación con esto, los trabajos en el campo de los lenguajes algorítmicos se hacen cada vez más profundos; se enriquecen las posibilidades expresivo-operacionales de los lenguajes de programación. Cientos de centros investigativos y de colectivos de especialistas se encuentran ocupados en este trabajo en todos los países científicamente desarrollados. En cierto sen-

tido, esta circunstancia otorga al progreso de los lenguajes algorítmicos un carácter "histórico-natural".

La contraposición habitual entre los lenguajes naturales y artificiales se basa en que los segundos han sido conscientemente creados por el hombre en forma de sistemas semióticos acabados y no están orientados, como norma, hacia un ulterior desarrollo, mientras que los primeros surgieron "imperceptiblemente" y se modifican en el transcurso de su funcionamiento en la sociedad. En el caso de los lenguajes de programación —lenguajes artificiales— esta confrontación se debilita en cierta medida. Por supuesto, cada uno de estos lenguajes es el resultado de una elaboración especial y portador de propiedades conscientemente introducidas en él por quienes lo crearon. Sin embargo, en el proceso de aplicación del lenguaje, los distintos especialistas, motivados por determinadas consideraciones, introducen en él modificaciones y adiciones, y crean sus variantes, análogas a los dialectos de un lenguaje natural. Estas modificaciones no se encuentran ya bajo el control del fundador del lenguaje. Un proceso semejante de desarrollo es particularmente evidente cuando lo examinamos en su aplicación a grandes clases de lenguajes. En ese caso podremos observar fenómenos semejantes a los de la evolución orgánica: divergencia y convergencia de formas, aparición de nuevas cualidades, etcétera. La semejanza entre el desarrollo de los lenguajes de programación y el de los lenguajes naturales no deja lugar a dudas.

Por supuesto, los lenguajes de programación conservan el rasgo de que sus reglas siempre están rigurosamente descritas —y en ello se manifiesta una de las ventajas que tienen como lenguajes artificiales—, lo cual no es válido para los lenguajes conversacionales naturales. No obstante, en el caso de estos últimos ya se plantea y se resuelve exitosamente la tarea de describirlos con precisión, aunque sea de manera aproximada, mediante diferentes modelos del lenguaje creados por la lingüística matemática. De esta forma, la diferencia en cuestión no resulta tan aguda.

Los lenguajes de programación son medios de comunicación del hombre con la computadora;[18] esto es más que evidente en el caso de lenguajes en forma de diálogo adaptados al trabajo del hombre con la máquina. Pero, en cierto sentido, los lenguajes de programación son también instrumentos de comunicación entre los hombres, entre aquellos que trabajan con máquinas y sistemas de computación. Gracias a estos len-

guajes se hace posible el intercambio de prescripciones para la ejecución de los procedimientos maquinizados programados, la conservación de estas prescripciones, su estudio, etcétera. Esto también acerca dichos lenguajes a los naturales, que constituyen medios de comunicación y fijación de conocimientos.

Los lenguajes naturales son la forma de existencia y desarrollo del pensamiento, forma de realización de demostraciones y de búsqueda intelectual heurística. Los lenguajes de programación se utilizan en una función semejante, sobre todo aquellos que disponen de medios para la transformación analítica de las fórmulas del lenguaje matemático y lógico, así como para el procesamiento de material de textos, escritos en los alfabetos inglés, ruso, etcétera. Algunos lenguajes de programación surgieron de las tareas vinculadas al desarrollo del "intelecto artificial", como son la automatización de la búsqueda de la conclusión lógica, y la demostración de los teoremas de una determinada rama de la matemática o la lógica —tal es el caso del lenguaje IPL-V, elaborado a finales de los años 50 y comienzos de los 60 por Newell, Show y Simon—. Algunos lenguajes modernos de programación no sólo son cómodos para la programación de transformaciones deductivas, sino que le permiten también al programador matemático introducir en la máquina determinados procedimientos heurísticos.

El acercamiento de los lenguajes de programación y los naturales para la comunicación humana se manifiesta también en que aquellos se introducen —en algunos de ellos con bastante amplitud— expresiones del lenguaje natural. En este plano es muy interesante el Cobol. El programa escrito en este lenguaje está formado por proposiciones en las que figuran palabras inglesas —en la URSS, rusas—, lo que lo asemeja a un texto escrito en lenguaje natural. Esto facilita al programador y al usuario de la computadora la confección, comprensión y aplicación del programa. Incluso existe la opinión de que el Cobol constituye simplemente un estrechamiento del inglés —o, para el caso, del ruso— orientado a la trasmisión de datos cuyo contenido y estructura son típicos de los documentos comerciales.[19]

Por supuesto, no hay que exagerar el parentesco, sobre todo de los lenguajes de programación, con los naturales. La flexibilidad, la riqueza y la evolución de los lenguajes naturales son incomparables con los análogos de los artificiales. Pero lo im-

portante es la tendencia. Y ésta se expresa en que los lenguajes de programación se desarrollan en una dirección que los acerca a los lenguajes de la comunicación y el pensamiento humanos. Esto es comprensible, ya que los mecanismos automáticos de "reforzamiento del intelecto" se convierten, en medida cada vez mayor, en un importante elemento del conocimiento y la práctica del hombre, gracias a lo cual la actividad investigativa y la comunicación en la sociedad se realizan cada vez más con ayuda de equipos programados para el procesamiento de información.

El desarrollo de los lenguajes de programación —y de los lenguajes algorítmicos en general— es una de las expresiones del creciente enfoque algorítmico en la ciencia y la actividad práctica. Dicho enfoque, conocido también como algoritmización en las investigaciones, en la esfera de dirección y otras, es la síntesis a que condujeron, por un lado, las tendencias generadas por la programación para computadoras y la cibernética y, por otro, los procesos que tuvieron lugar en las ciencias sobre el procesamiento de información por el hombre: las ciencias sobre el comportamiento, la psiquis y la enseñanza. La cibernética avanzó como una de sus tesis fundamentales el principio de la descripción algorítmica de los procesos de funcionamiento de los sistemas de dirección, sistemas dinámicos complejos, sistemas informativos, grandes sistemas, etcétera. Dicha descripción es una condición necesaria en la modelación de procesos para computadoras y para la trasmisión de la dirección de esos procesos a autómatas electrónicos. Al mismo tiempo, en la psicología y la pedagogía se desarrollaron investigaciones con un enfoque semejante a la metódica de la descripción algorítmica en el sentido de la cibernética. Dichas investigaciones fueron la teoría psicológica soviética de la formación por etapas de las acciones mentales —P. Ia. Galperin, A. A. Leontiev— y la programación didáctica. A partir de la idea de la algoritmización, en la pedagogía y la psicología ha tomado forma hoy un enfoque de la enseñanza que permite unir en un mismo todo las ideas y el aparato de la lógica moderna en su aspecto didáctico, los medios teórico-informáticos para el análisis del material, los métodos de la enseñanza programada, elementos de la teoría matemática del experimento, etcétera.[50]

El enfoque algorítmico, por lo que abarca, es tan amplio como la matematización y la aplicación de las ideas y métodos de la cibernética. La algoritmización desempeña un im-

portante papel en aquellos campos del conocimiento donde resulta decisivo tener presente el "factor humano". La amplitud del enfoque algorítmico se desprende de las particularidades del concepto de algoritmo como concepto científico general, el cual está situado, por su carácter general, en el mismo nivel que los conceptos de número, lenguaje, cálculo, simetría, etcétera. Examinado en distintos niveles —incluyendo los de debilitamiento, de los cuales hablaremos más adelante—, el concepto caracteriza clases de procesos gnoseológicos y ontológicos extraordinariamente difundidos. Por su significación, el método de la algoritmización corresponde al enfoque informativo en la ciencia. El concepto de algoritmo y el de información se encuentran en estrecha relación mutua: el algoritmo se define como una prescripción para el proceso de elaboración de información, aunque también es posible lo contrario: clarificar el concepto de información mediante el de algoritmo (programa).[51]

La conversión de la algoritmización en un método científico general interdisciplinario puede ser confirmada por las investigaciones sobre la teoría de la ciencia. V. S. Budnikov estudió la dinámica real del establecimiento del *status* científico general del concepto de algoritmo apoyándose en el análisis de numerosos artículos de la revista *Voprosi Filosofii* durante más de diez años (1955-1972).[52] Le prestó primordial atención a los artículos en los cuales este concepto figuraba no en un plano ilustrativo, sino como expresión de la necesidad de la algoritmización como fuente de nuevas ideas y metodologías investigativas. El trabajo de V. S. Budnikov mostró que el concepto de algoritmo se utiliza hoy ampliamente en los más diferentes campos: en las ciencias filosóficas, incluida la estética, la sociología y la ética; en las ciencias de la naturaleza, en la psicología, en la didáctica, en las ciencias técnicas, etcétera, y que la frecuencia de esta utilización posee, en su conjunto, un carácter estable. Los representantes de las diferentes disciplinas y direcciones científicas han descubierto en el enfoque algorítmico un método productivo de investigación que permite solucionar tareas que surgen en sus campos particulares. En este caso, una parte considerable de los trabajos de algoritmización en las diferentes esferas del conocimiento está relacionada con los debilitamientos del concepto de algoritmo que forman su cuarto nivel.

La algoritmización y el factor humano

El enfoque algorítmico, en las ciencias que tienen que ver con el intelecto humano, es, ante todo, la fuente de lenguajes descriptivos del material psicológico-pedagógico. Estas descripciones, sin embargo, se diferencian de los algoritmos de la matemática y de los programas para computadoras. Cuando tratamos las descripciones de los procesos de elaboración de información por el hombre que tienen en cuenta, en cierta medida, la "realidad psicológica", el concepto de algoritmo se utilizó en la forma debilitada de algoritmos de reductibilidad. El tránsito de los algoritmos en sentido clásico —trátese de algoritmos de la matemática de contenido, de algoritmos fijados en lenguajes de unas u otras teorías de los algoritmos, o de programas para máquinas— a sus debilitamientos está relacionado con la disminución de las exigencias propuestas a las descripciones matemáticas, las cuales son inevitables en la psicología y la pedagogía. Esta disminución de las exigencias afecta a las abstracciones fundamentales que yacen en la base del concepto de algoritmo en su sentido clásico, o sea, no sólo las abstracciones de realizabilidad potencial, sino también las de identificación, las idealizaciones del objeto constructivo y el principio de elementariedad de las operaciones del algoritmo. En el centro del debilitamiento se encuentra el problema de la "constructividad—no constructividad" de los objetos y procesos de la realidad y de su expresión conceptual.

Fuera de la matemática y de las tareas que se resuelven eficientemente con ayuda de su aparato, las cosas y fenómenos con los cuales trata el hombre en su actividad cognoscitiva y práctica habitualmente son no constructivos, es decir, se modifican y desarrollan, y son difíciles de individualizar, diferenciar y asemejar. Esto conduce a que la propiedad de "no constructividad", o sea, de flexibilidad, movilidad, indeterminación volumétrica, sea adquirida también por las imágenes mentales que siguen, por así decir, a sus prototipos. La no constructividad constituye la causa principal de las limitaciones en la aplicación del enfoque algorítmico. El debilitamiento de las exigencias generales propuestas a los algoritmos y lenguajes algorítmicos es el camino natural para la superación de dichas limitaciones, camino que permite conservar el espíritu general de la algoritmización a cuenta de una mayor flexibilidad en la ejecución del enfoque en cuestión. Es menester modificar

la opinión sobre la medida de la constructividad suficiente para la aplicación del método de la algoritmización en condiciones concretas dadas. Debe considerarse la circunstancia de que, en correspondencia con el carácter de las tareas que surgen en unos o otros campos del conocimiento y la actividad, la constructividad, "rigidez", de los objetos resulta relativa, en dependencia del nivel de detalles en el examen del proceso de comportamiento, digamos, de la actividad del operador, del desarrollo intelectual de los hombres como "mecanismos ejecutantes" de los algoritmos, de las tareas que se plantea el investigador que aplica el método de la algoritmización, etcétera. Esto conduce a una concepción más amplia de la algoritmización si la comparamos con la que está vinculada al concepto matemático de algoritmo y de programación para computadoras.

Los debilitamientos del concepto de algoritmo revisten diversas formas. Una de ellas es el algoritmo de reductibilidad. Este concepto surge cuando, en lugar de operaciones totalmente elementales, incondicionalmente realizables, se introducen en el algoritmo otras que sólo son relativamente elementales. En este caso el algoritmo reduce la solución de la tarea dada a la ejecución de operaciones relativamente elementales, cada una de las cuales puede entenderse, a su vez, como una tarea especial: "ejecutar la tarea que se considera elemental". Puede afirmarse que el algoritmo de reductibilidad es aquel que incluye operaciones que no son obligatoriamente elementales, aunque, en todo caso, se consideran como tales. Este algoritmo se convierte en un algoritmo "absoluto" habitual cuando todas sus operaciones devienen, para un determinado mecanismo ejecutante, elementalmente —en un solo acto— realizables. El algoritmo de reductibilidad, cuyo mecanismo ejecutante es el hombre, es aquel que L. N. Landa denominó prescripción de tipo algorítmico.[53] Las aplicaciones de estos algoritmos es típica de los procesos de dirección del comportamiento en la sociedad humana, donde la ejecución de determinadas prescripciones regulares depende del nivel de enseñanza del hombre, de su desarrollo intelectual, de sus hábitos profesionales. Pero los algoritmos de reductibilidad se utilizan también fuera de la esfera socio-psicológica específica. Muchos algoritmos de la cibernética técnica y la matemática para máquinas se crean primero, precisamente, como algoritmos de reductibilidad, por ejemplo, en forma esquemática, de bloque, la cual no releva la naturaleza operacional de

las acciones que se sobreentienden en los bloques del algoritmo. Sólo en niveles posteriores, para detallar la notación algorítmica, dicho detalle se lleva hasta el nivel de algoritmo absoluto, realizado por medio de máquinas.

En el algoritmo de reductibilidad sufre debilitamiento el concepto de operación elemental y la exigencia de reconocibilidad de los objetos —ésta depende de la capacidad del mecanismo ejecutante para distinguir e identificar objetos de un determinado campo—. Caso que la exigencia de determinabilidad del algoritmo sufra debilitamiento, nos encontraremos ante un algoritmo con elección de pasos. Semejante algoritmo, determinador de la orientación general para el procesamiento de la información o de la conducta, admite en algunos pasos del proceso algorítmico la realización de actos de elección —a partir de un conjunto de alternativas dadas de cierto modo.

Sin embargo, los actos de elección pueden realizarse de distinta forma. La elección de las alternativas puede ocurrir casualmente o, en un caso más general, en concordancia con una cierta distribución de probabilidades. Así se realiza la elección en la ejecución maquinizada de semejantes algoritmos. "La imprecisión" plasmada en los actos de elección se traduce en este caso al lenguaje de la casualidad numéricamente evaluada. Pero la elección puede tener lugar fuera de cualesquiera consideraciones o caracterizaciones casuales. Esto sucede cuando el "mecanismo" que realiza el algoritmo con elección de pasos no es otro que el hombre.

En el caso del hombre no siempre es factible la interpretación de la "imprecisión" y la "indeterminabilidad" por medio de la probabilidad. Como muestran las investigaciones psicológicas, al hombre le resulta difícil la realización de elecciones de alternativas con una distribución de probabilidades dada. Además, el hombre puede seleccionar una u otra alternativa: a diferencia de la máquina, posee psiquis, particularmente en una de sus manifestaciones como es la voluntad. Los algoritmos que contemplan actos de elección no están limitados por reglas o leyes probabilísticas, por lo que los podemos llamar indeterministas. Sólo el hombre es capaz de ejecutar ese tipo de prescripción de un comportamiento regular. Sin embargo, estos algoritmos son insuficientes para expresar lo específico de los fenómenos humanos de imprecisión y "libertad de elección" como componentes de una conducta regular —en su base—. Para expresar semejante conducta, que comprende el principio algorítmico y el heurístico, resultan más

cómodas las prescripciones de otro tipo: los algoritmos imprecisos.

En la teoría de los algoritmos imprecisos (vagos, difusos, *fuzzy)* elaborada por L. A. Zadeh,[54] los principios de partida son los de la lógica de las clases y conceptos imprecisos. Estos principios no están directamente relacionados con las construcciones probabilísticas. Como señala Zadeh,

> en muchas situaciones la fuente de imprecisión no es en forma alguna la existencia de determinadas magnitudes casuales, sino la manifestación en la tarea dada de una cierta clase o clases que no poseen fronteras rigurosamente determinadas (. . .). En estos casos el elemento puede pertenecer o no a la clase, aunque también resultan posibles las gradaciones intermedias de pertenencia.[55]

Para la formalización de este tipo de clases imprecisas, a las cuales corresponden los conceptos imprecisos, se utiliza el concepto de la llamada función de pertenencia a la clase imprecisa; dicha función no sólo adopta la acepción de "verdad" y "falsedad" —el elemento pertenece a la clase, el elemento no pertenece a la clase—, como en la lógica común, sino las numerosas acepciones intermedias de veracidad, o sea, las gradaciones de la verosimilitud de pertenencia del elemento al conjunto impreciso en cuestión. En términos generales, nos enfrentamos aquí a la lógica infinito-significativa.

El algoritmo es impreciso si en sus condiciones lógicas entran conceptos imprecisos. Necesariamente, es la imprecisión de las condiciones la que otorga el carácter no unívoco a ese tipo de prescripciones, carácter que en cierto sentido es "controlable", ya que para la toma de decisiones sobre el sentido de las acciones en los "puntos de ramificación" del proceso algorítmico, determinadas por condiciones lógicas, pueden indicarse ciertas reglas; la existencia de reglas para la toma de decisiones, que no eliminan en términos generales el momento no unívoco en semejantes algoritmos, permite considerarlos de todas formas como algoritmos y no como una heurística.

Las reglas de toma de decisiones se necesitan para hacer posible la aplicación de prescripciones imprecisas en los actos reales de comportamiento. Es insuficiente indicar la función de pertenencia a las clases vagas que entran en las condiciones lógicas del algoritmo impreciso para que la prescripción en cuestión pueda ser cumplimentada. Supongamos que determinada

acción dependa de que cierto número sea igual o cercano al número diez. Si la acción, operación, admite una diferente intensidad, la misma se podrá plantear en dependencia del valor de la función de pertenencia a la clase vaga correspondiente. Pero, ¿qué hacer cuando la acción no admite gradaciones? En ese caso hay que disponer de un método de toma de decisiones relativas a si se puede actuar o no bajo unas u otras evaluaciones de la pertenencia de un número arbitrario al conjunto de números "aproximadamente iguales a diez". Como mostró Zadeh, dichas reglas pueden ser probabilísticas o umbralísticas.

Viene al caso destacar que las reglas de toma de decisiones que hemos tratado son reglas de elección. El comportamiento determinado por una determinada prescripción imprecisa siempre está relacionado con una toma de decisión en una situación de elección a partir de un conjunto de alternativas. Desde este punto de vista, los algoritmos en cuestión ocupan un lugar extremo en el sistema de debilitamiento de la algoritmicidad. Los algoritmos matemáticos —absolutos— excluyen, por lo menos como ideal, las situaciones de elección: ellos determinan el comportamiento de forma total, en todos los detalles. Los algoritmos indeterministas presuponen las situaciones de elección, aunque no indican las reglas para la toma de decisiones en ellas. Los algoritmos imprecisos, al contemplar las situaciones de elección, admiten también la formulación de reglas para la toma de decisiones. En este caso, el comportamiento algorítmico muestra, total e íntegramente, rasgos de semejanza con el heurístico.

Este último es típico del hombre. Nuestro intelecto resuelve permanentemente tareas relacionadas con la búsqueda y el descubrimiento en situaciones que implican indeterminación. El camino de las teorías de conceptos vagos y prescripciones imprecisas es el de la "constructivización" de lo no constructivo. Aquí lo algorítmico se cruza con lo heurístico, con los mecanismos de búsqueda y descubrimiento de lo nuevo, tan característicos de la actividad humana.

El enfoque algorítmico ocupa un lugar orgánico en el sistema de métodos y conceptos que caracterizan el estilo de pensamiento determinado por la matemática, la lógica y la cibernética. Los rasgos fundamentales de este enfoque deben mostrarse con precisión, pensando filosóficamente el sistema de métodos y conceptos científicos generales utilizados por el hombre en el proceso de ampliación de sus conocimientos y su poderío.

3. LOS MEDIOS Y LA LÓGICA DE LA TOMA DE DECISIONES

La complejidad, las dimensiones y el dinamismo de las tareas sociales y científico-técnicas alcanzadas en la segunda mitad del siglo XX, plantean elevadas exigencias a la fundamentación de las decisiones adoptadas en cualquier eslabón de la actividad humana. Por ello es comprensible el interés de los especialistas de las más diversas esferas hacia el estudio de este aspecto del problema de la dirección. Como resultado del trabajo de los cibernéticos, psicólogos, juristas, matemáticos y otros hombres de ciencia, han aparecido nuevas teorías científicas que centran su atención sobre determinados aspectos del proceso de toma de decisiones. Estas investigaciones se vieron estimuladas, en particular, por la creación de computadoras capaces de trabajar con gran velocidad y precisión.

Han aparecido muchas publicaciones científicas de diversas orientaciones, consagradas a estos problemas, que examinan el proceso de toma de decisiones en sus más variados aspectos. Es así que, en la literatura cibernética, surgieron nuevos términos: teoría de los juegos, teoría de las decisiones, lógica de las decisiones, teoría de la utilidad, investigación de operaciones, etcétera.

En los últimos años, junto con la diferenciación de las investigaciones del proceso de toma de decisiones, se ha manifestado la tendencia al examen integral de este proceso, lo que ha dado origen al problema de la síntesis de los resultados obtenidos por diferentes direcciones científicas que estudian el proceso de la elección y toma de decisiones desde ciertas posiciones nuevas y profundas, y planteado la necesidad de reducir estos resultados a un "común denominador".

La importancia del examen integral, multilateral, de un problema tan complicado como es el proceso de toma de decisiones, se reflejó en el surgimiento de la *teoría de la toma de decisiones*. Según la nueva concepción, se convirtieron en objeto de investigación "aquellas leyes objetivas que se encuentran en el fundamento de la toma de decisiones por el hombre, independientemente del campo en que trabaje, lo que permite contemplar cada una de las decisiones posibles a fin de realizar una elección definitiva".[56] En este caso, la toma de decisiones se considera como "el acto creador de la elección, a partir de un conjunto de decisiones posibles, en el cual los factores cuan-

titativos se combinan con las capacidades heurísticas de los hombres que toman las decisiones".[57]

La teoría de la toma de decisiones, como teoría científica especial, se encuentra aún en su etapa de formación y consolidación, y los métodos que utiliza han sido tomados, en lo fundamental, de otras teorías y ciencias. No existe todavía un método específico determinado que sea únicamente característico de la teoría de la toma de decisiones. Sin embargo, la ausencia de semejante método específico la compensan ciertas características específicas de todos los medios y procedimientos aquí utilizados, los cuales poseen ya sus particularidades en el sistema de la teoría, gozan de un carácter sistémico y, potencialmente, revelan un *status* científico general.

En la base de la concepción sobre la toma de decisiones se encuentra el principio que postula que, en la mayoría de los casos, "en el camino hacia la solución de cualquier problema se deben seguir las mismas etapas y en un mismo orden".[58]

La juventud de esta nueva dirección del conocimiento científico justifica la ausencia de un aparato conceptual único. Incluso dicha dirección carece aún de un nombre definitivo. Algunos investigadores ponen énfasis en que la esencia de la toma de decisiones es la elección —así surgió la teoría de la elección de decisiones—; con frecuencia se acentúa el hecho de que la toma de decisiones es lo fundamental en la dirección —de ahí la teoría de las decisiones de dirección.

En la teoría de la toma de decisiones se investiga el aspecto organizativo-directivo de la actividad humana; esta teoría comienza a utilizarse ampliamente en las más diversas ciencias y campos de la actividad, pues el problema de la toma de decisiones posee, en principio, un carácter científico y humano de alcance general.

Debido a que esta teoría investiga con medios especiales los procesos de toma de decisiones en las más diversas situaciones de incertidumbre, la misma puede aplicarse a cualquier ciencia. Cada rama de la ciencia posee su aspecto organizativo-dirigente y administrativo-científico, y en esto radica la "fundamentación intracientífica" que hace que los métodos de la toma de decisiones resulten, por principio y potencialmente, científicos generales. Por supuesto, la aplicación de estos métodos sólo resulta aconsejable en casos muy complejos y difíciles, pues las decisiones administrativas de dirección, cuando son simples, se adoptan sin utilizar los métodos cibernético-matemáticos.

El carácter científico general de la teoría de la toma de decisiones radica en que la dirección de la sociedad adquiere un carácter cada vez más científico, y en que a los objetivos de la dirección adecuada del progreso social y científico-técnico se incorporan progresivamente todas las ciencias existentes. Y si en la ciencia, la dirección y su componente más importante, la toma de decisiones, poseen un carácter científico general, entonces el problema mismo de la dirección de la sociedad y de la naturaleza exige la integración, la interacción de todos los campos más significativos del conocimiento científico. El problema de la dirección y de la toma de decisiones en las condiciones del socialismo, donde la ciencia revela con mayor plenitud su efectividad no sólo como fuerza productiva directa, sino también como una fuerza social transformadora, se presenta como uno de los problemas centrales, unificador de las ciencias sociales, naturales y técnicas.

Esta unificación y reforzamiento de las interrelaciones entre los diferentes grupos de ciencias está también dictado por el hecho de que, en la actualidad, no sólo es necesaria la dirección científica de la sociedad, de los procesos sociales, sino además, de la naturaleza. La situación ecológica actual, su carácter conflictivo, evidencia la aguda necesidad de adoptar decisiones científicamente fundamentadas y cuidadosas en lo que respecta a la transformación de la naturaleza de nuestro planeta y del cosmos.

Por tanto, vemos que el carácter social y científico-natural, humano y científico general de la toma de decisiones, hace que los métodos de toma de decisiones, estudiados por la cibernética, resulten, por principio, necesarios a todas las ciencias. La cibernética, cuyo objetivo no es sólo la forma social del movimiento desde el ángulo informativo y de dirección, puede investigar absolutamente todos los tipos y aspectos de la actividad de los hombres en el plano señalado.

La teoría de la toma de decisiones concretiza el concepto de actividad elaborado en la filosofía y la sociología, lo desarrolla, al mismo tiempo que examina la actividad no sólo como dirección, sino también la dirección como actividad. Este enfoque desde las posiciones de la teoría de la actividad se manifiesta claramente en todos los trabajos sobre la teoría de la toma de decisiones, aunque es posible que no todos los especialistas tengan aún conciencia de ello. No obstante, el estudio del objeto y de los métodos de la toma de decisiones conduce inevitablemente con frecuencia a la adopción espontánea y al

desarrollo de los enunciados principales de la teoría de la actividad. Por tal razón, consideramos muy importante la investigación orientada de las interrelaciones de estas orientaciones científicas.

Los medios para la toma de decisiones y la teoría de la actividad

En los últimos tiempos, en la filosofía y las ciencias particulares se le ha prestado gran atención a la investigación de la actividad humana y de sus distintos aspectos. En las investigaciones filosófico-sociológicas ha ganado terreno la teoría de la actividad, cuyos fundamentos fueron sentados por los clásicos del marxismo.[59] [60] En esta tendencia se expresa el hecho de que el hombre no es simplemente un ser racional, sino, sobre todo, "un ser que actúa".[61] Su actividad incluye todos los tipos de actividades —la actividad laboral, político-social y espiritual— dirigidos a la conservación y desarrollo de la forma social del movimiento de la materia.

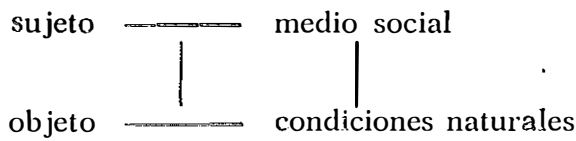
Una de las características del hombre consiste en que su existencia se basa, no tanto en la adaptación del organismo a las condiciones del medio —tal es el caso en el mundo vegetal y animal—, como, fundamentalmente, en la modificación, orientada a un fin, de este medio mismo con ayuda de los instrumentos de actividad artificialmente creados. Toda actividad del hombre posee una estructura invariante, e incluye una serie de componentes básicos, ante todo, el sujeto, el objeto y los medios de la actividad. Por sujeto se entiende el individuo, un grupo de hombres o determinado sistema social. El objeto hacia el cual está dirigida la actividad del sujeto puede ser una parte de la naturaleza o de la sociedad. Los medios de la actividad son los objetos materiales o ideales mediante los cuales el sujeto asimila el objeto y actúa sobre él. Además, hay que tener presente el hecho de que el sujeto y el objeto son componentes de un determinado sistema de un nivel más alto, por lo que se introduce un componente adicional: el medio, las condiciones de la actividad.

En lo sucesivo tomaremos como punto de partida las observaciones de Lenin acerca de que, al resolver un problema socioeconómico complejo, "la regla de oro exige que inicialmente tomemos el caso más típico, más libre de cualesquiera influencias y circunstancias extrañas y complicadoras, para, después

de su solución, marchar más lejos tomando en consideración, una tras otra, estas circunstancias extrañas y complicadoras".[62]

El acto de la toma de decisión se manifiesta en forma de relaciones entre el sujeto que adopta una decisión y el objeto con respecto al cual se toma esa decisión. En este caso, entenderemos por solución la conducta que conduce a resolver una situación problemática, y por toma de decisión, "la elección previamente pensada, a partir de diversas variantes, de la conducta posible destinada al logro de uno o varios fines y que conduce a resultados prácticos".[63]

Para simplificar, examinaremos un caso en que el sujeto, el hombre, es incorporado a un sistema de relaciones sociales al cual se le opone un determinado objeto —un cierto fragmento de la naturaleza—. En este caso, el sistema en el cual se toma la decisión puede representarse de la siguiente forma:



Se presupone que pueden desdeñarse los vínculos "sujeto—condiciones naturales" y "objeto—medio social".

Por tanto, la actividad del sujeto se bifurca en dos campos, según el lugar de aplicación. Esto es comprensible, ya que, por un lado, el hombre está relacionado con la naturaleza, mientras que, por otro, lo está con la sociedad, pues el individuo constituye, en esencia, "el conjunto de todas las relaciones sociales".[64]

El examen del proceso de toma de decisiones desde el punto de vista de la teoría de la actividad exige la introducción de otros dos componentes: los fines y el resultado de la actividad. Por fin se entiende habitualmente una forma de reflejo anticipado de la realidad, un tipo de modelo informativo del resultado de la actividad. Este resultado mismo actúa como fin materializado, realizado con ayuda de los medios de la actividad. En el proceso de su realización, los resultados de la actividad no coinciden siempre con el fin, debido a consecuencias no consideradas, a la influencia de las condiciones y a las casualidades.

La elección de una conducta por el sujeto está determinada por la información sobre el objeto, el estado del sujeto y la

influencia del medio social y las condiciones naturales, lo cual se refleja en la obtención de información complementaria sobre el objeto o a cuenta de la influencia del sistema de valoraciones que refleja las condiciones materiales de la existencia del sujeto. Bajo diferentes condiciones sociales, los sistemas valorativos pueden diferenciarse considerablemente. Es así como, en la sociedad socialista, se valora ante todo la significación social de las conductas. En la capitalista, el enfoque es totalmente distinto, como dice S. Iang: "Partimos de que, al elaborar las decisiones personales, el hombre trata de aumentar su bienestar personal sin tomar en consideración el de los demás."[65]

La necesidad de un reflejo adecuado y de la acción sobre el objeto obliga al sujeto a desarrollar su actividad. El hombre extendió sustancialmente las limitadas posibilidades de sus órganos al situar sobre él y el objeto "órganos artificiales", es decir, instrumentos y medios de transformación y conocimiento de la naturaleza. La aspiración a un reflejo anticipado más adecuado provoca la necesidad de ampliar el espacio de la actividad, empuja al sujeto a conocer y transformar una parte cada vez mayor de la naturaleza, a penetrar en sus profundidades durante la actividad. Pero el sistema dirigente —y, en este caso, el hombre será el órgano de dirección de la actividad cognoscitiva y transformadora— es capaz de funcionar normalmente conforme al principio de diversidad necesaria[66] únicamente en el caso de que su propia diversidad sea igual o superior a la diversidad del objeto dirigido.

La incongruencia entre el resultado de la actividad y el fin propuesto, la posibilidad de que existan diversos caminos para alcanzar el fin y la utilización de medios multifacéticos origina la necesidad de comparar las diferentes variantes de la actividad. Por tanto, en el proceso de toma de decisiones aparece la exigencia de evaluar las variantes. En este caso, los criterios valorativos deben caracterizar el grado de correspondencia de la variante de acción con el fin propuesto.

Como regla general, el proceso de toma de decisiones se considera compuesto de las siguientes etapas:

1. Surgimiento de una situación problemática.

2. Planteamiento del fin.

3. Obtención de la información necesaria y análisis de la misma (elaboración).

4. Confección del modelo del fenómeno sobre la base de la información obtenida.

5. Elección del criterio valorativo de las variantes de acción.

6. Elección de la variante óptima.

7. Corrección de la decisión durante su realización.

Existen otras clasificaciones de las etapas de la toma de decisiones,[67] pero el análisis de sus correlaciones exige un examen especial, que no emprenderemos aquí.

La necesidad de la elaboración y toma de decisiones comienza con el surgimiento de una situación problemática, es decir, con la divergencia entre el estado real del objeto que nos interesa y el que deseamos. Se plantea así la tarea de alcanzar el estado deseado —destinado— con ayuda de los medios y recursos disponibles y tomando en cuenta una serie de condiciones que influyen sobre la solución de la tarea dada.

La formulación de fines es una actividad específicamente humana, un proceso muy difícil de estudiar. Precisamente en el acto de formular un fin se manifiesta con brillantez el aspecto creador activo de la actividad del hombre. Debido a que esto constituye el comienzo del proceso de muchas etapas de elaboración y toma de decisiones, del fundamento de que dependen las etapas restantes, resulta comprensible su especial importancia. Por consiguiente, en la primera etapa debe prestarse particular atención al sujeto que toma la decisión, a su competencia, capacidades y condiciones de trabajo.

Para concretizar el fin y esbozar con mayor claridad la tarea y las condiciones de su solución, la ciencia moderna ha creado un medio tan efectivo como es el enfoque sistémico.

El enfoque sistémico presupone el examen del objeto en su integridad, así como la revelación de su composición, de su estructura, de la interrelación con el medio exterior, la separación de los componentes principales y la pronosticación del comportamiento futuro del objeto.

El proceso de elaboración y toma de decisiones está relacionado con la necesidad de acopiar y analizar la información diversa que caracteriza al objeto y a la situación en que se toma la decisión. Este factor es particularmente importante durante el período de formación del modelo del fenómeno investigado —del análogo que refleja los rasgos principales

del objeto en cuestión—, pues de la calidad y cantidad de información obtenida dependerá el grado de correspondencia del modelo con la situación real en que se adopta la decisión, y de esa forma se determina el valor de la decisión obtenida.

Cuando surgen situaciones problemáticas complejas, a la persona que toma una decisión le resulta difícil, y a veces imposible, determinar el carácter de las acciones de dirección necesarias. Para detectar lo fundamental en el problema surgido, asimilarlo mejor, obtener valoraciones objetivas de los parámetros del objeto sin experimentar sobre él —ya que, por regla general, ello implica grandes gastos—, puede utilizarse el método de la modelación. Se trata de la obtención de información adicional sobre el objeto que nos interesa por medio de la investigación de su modelo.

Durante la investigación de los procesos de toma de decisiones en situaciones complejas, se aplican, como regla general, los modelos matemáticos. Esto se explica por el gran desarrollo de la matemática y las posibilidades del estudio multilateral del objeto con respecto al cual se toma la decisión. Tiene particular importancia la utilización de la teoría de la investigación de operaciones.

Existen muchas definiciones de esta dirección científica, y el contenido fundamental de las mismas se reduce a lo siguiente: la investigación de operaciones es la ciencia que se ocupa de la elaboración y utilización de los métodos de fundamentación cuantitativa de las decisiones humanas en el campo de la actividad orientada a un fin.[68] Es muy importante subrayar que la investigación de operaciones no consiste en seguir mecánicamente reglas acabadas; se trata de una actividad creadora que incluye el análisis de nuevos fenómenos y el desarrollo ulterior de su teoría. Además, no se plantea como tarea la elección de la mejor decisión, sino que trata de fundamentar algunas de las variantes más preferidas.

Como norma, la utilización de los métodos de investigación de operaciones traspasa los marcos de la actividad de la persona que adopta una decisión y constituye la esfera de actividad de los especialistas investigadores de operaciones. Debe tenerse presente que "la formulación de los fines de las operaciones y la conducción de las acciones sobre la base de las recomendaciones, en esencia, no entran en la esfera de actividad del investigador de operaciones, sino son, de hecho, condiciones limitantes impuestas a la libertad de acción";[69] es decir, no debe darse una interpretación ampliada de la

investigación de operaciones ni agrandar injustificadamente las esferas de su acción. Por tanto, ante el investigador de operaciones se plantea la tarea de construir el modelo matemático del fenómeno investigado, definir las decisiones posibles, alternativas, para después separar los criterios de efectividad capaces de valorar el grado de correspondencia de cada variante con la consecución del resultado necesario y elegir las variantes perspectivas de decisión —en el sentido de la posibilidad de avanzar hacia el fin.

La investigación de operaciones utiliza los métodos de la programación matemática, de la teoría de los juegos, del servicio masivo, de las decisiones estadísticas, de la efectividad, etcétera. Se plantea la tarea de definir la correlación de todas estas direcciones científicas.

Después de analizar la historia de la investigación de operaciones, I. Ia. Diner señaló que esta ciencia refleja en sí misma el desarrollo de lo simple a lo complejo, de lo uno a lo múltiple; y distinguió las siguientes características fundamentales de la investigación de operaciones.[70]

1) Variantes de los fines y criterios que les corresponden.

2) Variantes de la situación (del estado del medio).

3) Variantes de acciones (de decisiones).

Se obtiene el siguiente esquema de modificación de la complejidad de las tareas y de las correspondencias de determinadas direcciones científicas con una determinada clase de situaciones problemáticas:

Una variante de acción, una situación, una función con un fin: teoría de la efectividad.

Muchas variantes de acción, una situación, una función con un fin: programación matemática.

Muchas variantes de acción, algunas variantes de la situación, pero que dependen de un parámetro conocido, una función con un fin: programación paramétrica.

Muchas variantes de acción, muchas variantes de la situación, una función con un fin: teoría de los juegos y de las decisiones estadísticas.

Muchas variantes de acción, muchas variantes de la situación, muchas funciones valorativas con fines: métodos modernos de solución de tareas de criterios múltiples.

El último caso es el más difícil, aunque en los últimos tiempos se han alcanzado grandes éxitos en esta dirección.

Es importante considerar el hecho de que la presencia "de pluralidad engendra incertidumbre en la elección del subconjunto —elemento del conjunto—, por lo que el desarrollo de modelos marcha paralelamente desde los simples, que suponen un determinismo total, a los complejos, con diferentes incertidumbres".[71]

En la investigación de operaciones se habla cada vez más y con mayor frecuencia de unos u otros tipos de incertidumbre. La toma de decisiones se realiza con preferencia en la elección de un tipo de acción que tiene más utilidad en comparación con otro, de menor utilidad. Pero la elección sólo puede producirse en caso de que se disponga de un conjunto de decisiones. Por ello, la toma de decisiones siempre está relacionada con la existencia de una cierta incertidumbre, la cual debe ser eliminada como resultado de la obtención de información y de la elección de la decisión. Toda la teoría de la investigación de operaciones, incluida la teoría de los juegos, actúa como teoría de la elección de decisiones en condiciones de una u otra incertidumbre, de no univocidad del reflejo y la acción. Sin embargo, en la teoría de los juegos y las decisiones no toda decisión se considera adoptada en condiciones de incertidumbre. Lucien y Raifa ofrecen una clasificación de las elecciones de decisiones según el rasgo de certidumbre-riesgo-incertidumbre.[72] Por elección, en condiciones de certidumbre, se entiende que cada acción del jugador posee un resultado concreto conocido. Entonces, la toma de decisión se reduce a la elección, entre un determinado conjunto de acciones posibles —es decir, entre una determinada incertidumbre—, de aquellas que aseguran el óptimo —máximo o mínimo— de un cierto parámetro dado, por ejemplo, del grado de utilidad. En este caso, por certidumbre se entiende solamente el vínculo unívoco entre la acción y el resultado. Como regla general, en semejante situaciones la decisión se encuentra con ayuda de la teoría de los juegos combinatorios, de distintos tipos de programación, de los métodos clásicos de optimización y del cálculo variacional.

Lucien y Raifa incluyen en la elección de decisiones con riesgo a aquellos juegos en los cuales cada acción conduce a un resultado entre un conjunto de resultados particulares posibles, donde cada uno de ellos posee una determinada probabilidad de manifestación. Se considera entonces que estas

probabilidades son conocidas por quien adopta la decisión. En este caso, las situaciones no son totalmente casuales, sino que constituyen una interrelación de lo necesario y lo casual. En este plano de las tareas se utilizan los métodos de la teoría de las decisiones estadísticas, la programación estocástica, la teoría del servicio masivo y la de los juegos.

Entre las tareas de elección de decisiones en condiciones de incertidumbre se encuentran las situaciones de juegos con desconocimiento total o parcial de las probabilidades de los resultados, cuando, por ejemplo, esa situación se considera como una tarea con riesgo en condiciones de una distribución apriorística uniforme de las probabilidades de estados de la naturaleza. En la investigación de operaciones se examinan situaciones que no sólo toman en cuenta la incertidumbre objetiva, la subjetiva, así como también la incertidumbre que surge en la interrelación del objeto y el sujeto.

En un caso clásico, examinado en la investigación de operaciones, se conoce una diversidad de resultados posibles, aunque sin ninguna información complementaria, por ejemplo, sobre las probabilidades de su distribución. El caso de desconocimiento completo incluso sobre la existencia de una diversidad de posibilidades, debe ser excluido, pues semejante desconocimiento no presupone elección. El sujeto sólo puede elegir una decisión cuando conoce que realiza la elección. Si no tiene conciencia de que se produce una "elección", no conoce el espectro de posibilidades, aunque objetivamente su conducta constituye una selección de posibilidades, la conversión de la incertidumbre en certidumbre, pero ello no puede considerarse como elección consciente. La elección misma como acción pensada sólo es posible en el intervalo entre la certidumbre completa —ausencia de posibilidades alternativas— y la incertidumbre completa —desconocimiento total de la existencia de posibilidades—. Los casos extremos señalados excluyen la elección en razón de causas puramente objetivas o puramente subjetivas.

La elección bajo la forma de acción conscientemente orientada a un fin, por consiguiente, está determinada, tanto objetiva como subjetivamente, por la certidumbre y la incertidumbre. En la actualidad, los mejores enfoques para la solución de tareas de esta clase se consideran: la selección de la información complementaria posible, en particular, con ayuda de evaluaciones de expertos; la utilización del método del compromiso, es decir, la selección de un estado tal del medio que

sea satisfactorio en un amplio espectro, y no desde el punto de vista de la mejor decisión; la aplicación del algoritmo adaptativo de dirección, es decir, el aseguramiento de la posibilidad de una corrección permanente de la decisión.

La ausencia de información sobre las probabilidades de distribución de la diversidad de las variantes posibles se considera como uno de los casos más difíciles en la investigación de operaciones. Aquí, como señalan los especialistas en el campo de la investigación de operaciones, no resultan claros los principios mismos de la elección óptima de las decisiones. Es comprensible que cualquier criterio para la elección de una decisión constituye, en cierto modo, la superación del desconocimiento por el sujeto del estado real de las cosas, y de los efectos que entrañan unas u otras acciones.[73] Pero, si no se sabe casi nada del objeto, será necesario buscar los criterios de su conducta "racional", a partir, exclusivamente, del propio sujeto. En la clase de semejantes criterios se incluyen habitualmente los criterios de Wald, Gurwitz, Sevidge y Laplace.

El criterio de Wald —criterio del observador cuidadoso— presupone la selección de aquel comportamiento que ofrece el efecto máximo en condiciones de una situación favorable mínima del medio circundante. Es por ello que este criterio se denomina frecuentemente del máximo-mínimo. En este caso, se parte de la suposición de que el medio se encuentra en el estado peor para el sujeto, lo que expresa una posición de pesimismo extremo.

Semejante categoricidad es atenuada en el criterio de Gurwitz: "optimista racional". Se toma como base la suposición de que el medio puede encontrarse en el estado más favorable con una probabilidad a, y en la peor, con una probabilidad $I - a$, donde a es el coeficiente de confianza establecido por el sujeto. Se considera la mejor alternativa aquella que posee la suma máxima de resultados obtenidos en condiciones de la situación más y menos favorable, los cuales se toman con sus coeficientes probabilísticos. El criterio de Laplace se basa en el principio de fundamentación insuficiente, es decir, en la suposición de que, en ausencia de información sobre las probabilidades de los estados del medio, no existen causas que prohíban examinarlos como de iguales probabilidades. Cada variante de conducta se valora por la espera matemática del resultado.

El criterio de Sevidge es llamado criterio de minimización de las "desgracias". Por desgracia se entiende la diferencia de

los resultados obtenidos en un estado determinado del medio y bajo las condiciones más apropiadas para la realización de la decisión elegida. Se considera mejor la variante que conduce a la desgracia menor bajo las condiciones más desfavorables de la situación.

La elección del criterio en condiciones de incertidumbre total de las distribuciones probabilísticas del medio es particularmente compleja. "Los criterios de elección de decisiones, aplicados allí donde predominan las condiciones de incertidumbre, pueden caracterizarse con mayor exactitud como reflejo de las inclinaciones y de las evaluaciones sujetivas de la persona que toma la decisión."[74] Quizás en este caso el único enunciado metodológico sea la siguiente regla: en aquel caso en que incluso el riesgo mínimo sea inaceptable, se utilizará el criterio de Wald, pero si es admisible un cierto riesgo y la persona que toma la decisión no desea lamentarse posteriormente de la insuficiencia de los medios incorporados, se aplicará el criterio de Sevidge.[75]

En el nivel científico concreto, la investigación de operaciones enfatiza y desarrolla la idea acerca de la necesidad de una orientación básica en las acciones prácticas sobre el objeto de conocimiento —y de decisión— y sobre la no adecuación de las opiniones puramente subjetivas y apriorísticas. En este sentido, los propios especialistas en el campo de la investigación de operaciones critican los criterios de elección de decisiones que no se apoyan en los datos sobre el objeto, y cuya utilización conduce con frecuencia a resultados contrarios. La investigación de operaciones subraya que la decisión puramente subjetiva, el voluntarismo, la ignorancia de conocimientos sobre la situación real resultan inadmisibles, pues conducen a una acción práctica inadecuada.

Sin embargo, debe tomarse en cuenta que estas valoraciones subjetivas pueden poseer un fundamento real. A menudo es difícil responder "a la pregunta de qué se produce primero: el punto de vista que presupone la probabilidad, o la evaluación intuitiva de las probabilidades que condiciona el punto de vista".[76] Además, cualquier decisión pasa a través de la red de los valores del sujeto que reflejan las condiciones de su ser social. Es evidente que este factor debe tomarse en cuenta al tomar cualquier decisión.

El desconocimiento de la naturaleza del objeto con respecto al cual se toma la decisión, no es la única incertidumbre con-

dicionada por causas subjetivas. Además de él puede mencionarse la incertidumbre de los fines y criterios de elección de decisiones por un sujeto de cierta incertidumbre.

El fin en la investigación de operaciones es reflejado en el modelo matemático de función de finalidad o del indicador de efectividad de la operación. Si el fin no es muy preciso, sino incierto —y esto es realmente así en uno u otro grado—, como resultado de ello la función de finalidad será también imprecisa, incierta, por ser la representación matemática del fin. Es necesario señalar que la incertidumbre complementaria de la función de finalidad con respecto al fin se obtiene como resultado de la formalización matemática del mismo. Tal parece como si la formalización estuviera destinada a disminuir la incertidumbre, pero hay que tener en cuenta que la formalización rebaja la incertidumbre del fin sólo en uno de los aspectos. En aquellos aspectos que no son precisados por la función de finalidad, la incertidumbre del fin no disminuye. En la elaboración de la descripción formal del objeto investigado se observa también una situación análoga, ya que en este caso hay que llegar a un compromiso entre la exigencia de adecuación del modelo al objeto real —lo que implica una disminución de la incertidumbre proveniente de los parámetros y vínculos no tomados en consideración— y la dificultad de investigación de modelos complejos. En este caso, es útil recordar que "la obtención de una respuesta exacta a una interrogante inadecuada será, con toda probabilidad, mucho menos útil que una respuesta no del todo exacta a una interrogante adecuada".[77]

La presencia de incertidumbre en el objeto, el sujeto y en sus relaciones, condiciona el carácter específico de la elección de una decisión por los sistemas autorregulados. Ante todo es preciso señalar que la elección de una decisión se realiza para conseguir determinados objetivos que actúan como "causas internas" de la elección de la conducta de los sistemas autorregulables. Debido a que la actividad está orientada a la obtención de un fin, desde sus comienzos está dirigida hacia un resultado positivo en la realización del fin. La elección de la decisión se produce de forma tal que pueda optimizarse la realización del fin y obtener un cierto resultado garantizado en condiciones de incertidumbre. El principio del resultado garantizado significa el avance obligatorio en el nivel dado

hacia el fin propuesto, como resultado de la realización de la decisión adoptada bajo determinadas condiciones.

Para obtener una decisión óptima, es decir, la mejor en uno u otro sentido, surgió la necesidad de definir la base general para todas las decisiones posibles, la cual caracteriza el valor de cada una de ellas desde el punto de vista del logro del fin formulado. Esa característica general recibió el nombre de utilidad de la decisión. Este concepto nació de las observaciones hechas por los psicólogos de las acciones del hombre en el proceso de toma de decisiones. Resultó que el hombre se comporta como si en su cabeza se hubiera formado una función valorativa que "sopesa" la utilidad de cada variante de decisión. El estudio de este fenómeno condujo a la formación de toda una disciplina científica: la teoría de la utilidad. La primera elaboración sistemática de esta teoría apareció en el libro de Von Neiman y Morgenstern *La teoría de los juegos y el comportamiento económico.* A pesar de los resultados evidentes obtenidos con esta teoría, hay que señalar que todavía está muy lejos de ser perfecta, y no está aún lo suficientemente adecuada a los fenómenos reales. Las insuficiencias en la elaboración de la teoría de la utilidad se manifestaron, en particular, en el enfoque de la evaluación de las variantes de decisión que se caracterizan por un conjunto de parámetros —criterios—, con frecuencia contradictorios. El axioma de aditividad de la función de utilidad determinó el siguiente enfoque de cada decisión: la suma de todas las características de la decisión que poseen una significación para la persona que la adopta, tomadas con uno u otro símbolo, y teniendo en cuenta ciertos coeficientes de ponderación que determinan la importancia de cada componente en la función valorativa. Pero en las situaciones reales encontramos esporádicamente interrelaciones lineales entre los parámetros. También se plantea el problema de la determinación de los coeficientes de ponderación, los cuales, además, poseen la propiedad de modificarse bajo distintas combinaciones de los parámetros de la decisión. La tendencia de la valoración de las variantes de decisión con ayuda de una sola medida determinó el enfoque hacia el planteamiento de tareas de optimización. Comenzaron a contemplarse dos variantes de planteamiento de la tarea de optimización: el logro de un resultado máximo con los recursos dados o la obtención del resultado dado con un mínimo de recursos. Y sólo en los últimos tiempos, y en relación con los éxitos en la elaboración de la teoría de la solución de tareas

de muchos criterios, se abrieron posibilidades para un nuevo enfoque: "la expresión tan común: 'alcanzar el efecto máximo con gastos mínimos' significa ya la toma de una decisión en que existen dos criterios".[78]

Las dificultades que acompañan todo el proceso de elaboración y toma de decisiones, desde la conciencia de una situación problemática hasta la valoración de la decisión, no permiten considerar que las decisiones obtenidas y sus valoraciones reflejan completamente la situación real. Por ello, todo el proceso comienza y termina en la persona que toma la decisión. Es precisamente el hombre quien inicia la preparación de la decisión, comprueba su correspondencia con la situación investigada y controla la realización. Por tal razón, el significado más importante de las capacidades heurísticas del hombre confirma la opinión de que "la toma de decisiones es más un arte que una ciencia".[79]

El análisis del proceso de toma de decisiones muestra que en él se entrelazan estrechamente los componentes formales y de contenido y los factores objetivos y subjetivos. Para la solución adecuada se requiere no sólo un conocimiento sobre el objeto, sino también sobre el propio sujeto, sobre sus características esenciales. La sola formalización del conocimiento sobre el objeto resulta ya insuficiente, por lo que es necesaria una elaboración de los medios de formalización —cada vez más completa— y de los factores que poseen, en lo fundamental, un origen subjetivo. Pero esta tarea es verdaderamente más compleja que la formalización de los conocimientos sobre el objeto; por ejemplo, tanto la lógica simbólica moderna como la dialéctica han dado sólo sus primeros pasos por este camino. Y no se trata sólo, por supuesto, del aspecto formal del problema, sino también del de contenido, pues es preciso investigar concienzudamente tanto el proceso de reflejo del objeto por el sujeto como los procesos de reflejo del sujeto en el objeto; y en el caso particular de la teoría de los juegos y los fenómenos de autorreflejo, el de la adecuada autoexpresión en ellos de los fines y deseos.

A pesar de una cierta diferencia en las posiciones iniciales de los investigadores del proceso de toma de decisiones —lo que ha encontrado expresión en las variaciones terminológicas—, la tendencia fundamental sigue siendo la aspiración a una síntesis de los componentes cuantitativo y cualitativo de este proceso. En este caso surgen ciertas dificultades que están relacionadas con el estudio del aspecto creador de la actividad

del sujeto que toma una decisión. Debido a ello se eleva el papel de los medios lógicos del análisis y, en particular, de la nueva disciplina de la lógica de las decisiones.

Aspecto lógico de los métodos de toma de decisiones

Como es natural, el problema de la toma de decisiones, como cualquier otro problema fundamental e importante, es muy extenso y multilateral. Por supuesto, algunos aspectos filosóficos y psicológicos de este problema preocuparon a los investigadores desde hace tiempo y fueron abordados en casi todos los sistemas filosóficos o, por lo menos, en los sistemas teóricos ético-psicológicos. Sin embargo, el aspecto puramente lógico del problema de la decisión permaneció durante largo tiempo en las sombras y sólo en los últimos dos decenios se ha convertido en objeto de investigación sistemática.

El interés creciente hacia el problema de la decisión por parte de la lógica se explica, en parte, por el desarrollo de las investigaciones económicas y sociológicas, cuyo elevado carácter particular, en comparación con las ciencias naturales, no podía no dejar su huella en el carácter de las investigaciones lógicas. En la actualidad, la gran mayoría de los matemáticos, lógicos y filósofos no duda de que la predicción de Leibniz sobre la diversidad de lógicas se ha visto plenamente confirmada, no sólo en el campo puramente teórico, donde el examen del conjunto infinito, e incluso continual de lógicas, o de sistemas lógicos, no asombra a nadie, sino también en el campo puramente práctico. La lógica de las decisiones —a diferencia de la lógica matemática, que nació exclusivamente de las necesidades internas del desarrollo de la matemática— surge en grado sumo, al igual, por supuesto, que la teoría de la toma de decisiones, de necesidades prácticas.

Por otro lado, el interés hacia el problema de la decisión es una manifestación, en la lógica, de una de las tendencias principales de la ciencia moderna, la cual podría caracterizarse de forma más adecuada como el enfoque desde el punto de vista de la teoría de la actividad, es decir, un enfoque en el que la actividad del sujeto que estudia el objeto no se toma simplemente en cuenta, sino que deviene uno de los componentes —con iguales derechos— del sistema denominado "objeto de investigación". La pragmática es el canal fundamental

por el cual el enfoque de la actividad penetra en la lógica. Aparecen distintas lógicas —de acción, de preferencia, de modificación, de elección, de decisión— que pueden denominarse pragmáticas, al situarse en un primer plano el aspecto pragmático de la investigación en lugar de los aspectos sintácticos y semánticos.

El problema de la toma de decisiones en la teoría actual sobre este aspecto, se identifica con una situación de elección entre alternativas posibles. Semejante planteamiento del problema está relacionado con una determinada idealización —muy fuerte, desde el punto de vista de algunos autores como Simon—,[80] de la toma real de decisiones; no obstante, según la mayoría de los autores, esta idealización está justificada por entero y tal planteamiento del problema resulta totalmente posible. Una idealización igual tiene lugar también en la lógica de las decisiones.

Es comprensible, sin embargo, que la elección como tal, realizada tanto en condiciones de determinación o indeterminación, no sea una característica lógica, sino epistemológica, porque al transformarse en lógica, la elección toma la forma de aceptación. En cualquier elaboración de la lógica de las decisiones, sea axiomática o semántica, el concepto de "aceptación" funciona como concepto principal. Sin embargo, el concepto mismo de "toma" puede examinarse como adoptado desde una diferente profundidad de explicación: como clasificativo, comparativo o cuantitativo.

En dependencia del nivel de explicación de la toma, pueden distinguirse tres tipos de lógicas de decisión: clasificativa —en particular, la lógica de la toma—, comparativa —también llamada lógica de la preferencia— y cuantitativa —entendida como lógica del vínculo de los conceptos de probabilidad y utilidad.

Como se sabe, la lógica de las decisiones surgió en estrecho vínculo con las lógicas probabilística, inductiva y modal. Por ello no es asombroso que fueran sobre todo los autores de trabajos serios en estos campos los que se encontraban entre los primeros investigadores sobre lógica de las decisiones. No obstante, en los inicios quisiéramos señalar otros aspectos y vínculos de la lógica de las decisiones que saltan más a la vista, aunque son menos propiamente lógicos.

Esta teoría posee un vínculo indudable y estrecho con la teoría de las decisiones estadísticas, la cual ha alcanzado ya suficiente reconocimiento tanto por sus resultados teóricos

directos como por sus aplicaciones en los más diversos campos, desde la teoría de los juegos y la estadística, hasta la radio-técnica, la economía, la sociología, y en otros campos concretos.

Por cierto, a pesar de este estrecho vínculo, la lógica de las decisiones se diferencia bastante de la teoría de la toma de decisiones, y no sólo por su objeto[81] y por la propia orientación de las investigaciones, sino por su historia, por extraño que suene el concepto historia aplicado a los campos de investigación, cuya edad alcanza ya unos quince años. En realidad, la teoría de la toma de decisiones proviene en grado sumo de la estadística, si entendemos esta última como teoría "sobre la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre".[82] A esa definición de la estadística se inclina en la actualidad un número cada vez mayor no sólo de estadísticos, sino de los más diversos científicos que tratan con la estadística.

Por otro lado, la lógica de las decisiones extiende sus raíces, en lo fundamental, hasta la lógica probabilística, aunque, como es de suponer, en el desarrollo y formación de la primera no pudieron dejar de influir los éxitos de la teoría de los juegos y, directamente, de la teoría de la toma de decisiones. En todo caso, si los especialistas en teoría de la toma de decisiones consideran como fundadores de esta ciencia, sobre todo, a Von Neiman, Pierce, Wald y Breitweight, en los trabajos sobre lógica de las decisiones encontramos principalmente los nombres de Ramsey, de Sevidge y del autor de un trabajo fundamental bajo el título de *Lógica de las decisiones*, R. Jeffrey.[83]

Por supuesto, hoy, en ambas teorías, podemos encontrar muchas tareas totalmente análogas al igual que cercanas, e incluso los mismos métodos para solucionarlas. En lo fundamental, esto tiene que ver, digamos, con ciertas tareas relacionadas con la llamada comprobación de hipótesis. Por otro lado, sin embargo, existen no pocas clases de tareas perfectamente diferentes, como por ejemplo, las de la evaluación de los parámetros en la teoría de la toma de decisiones o los problemas de lógica inductiva en la lógica de las decisiones. Pero en nuestra opinión, la diferencia fundamental de estas teorías consiste en el enfoque mismo de los problemas, tanto semejantes como distintos, y del papel que desempeñan para estas teorías. Sin embargo, su diferencia real resulta comprendida realmente sólo después que se comprenden de manera debida los rasgos generales que distinguen ambas teorías de otras y, ante todo, de las disciplinas que las engendraron, es

decir, fundamentalmente, la teoría de las probabilidades y la lógica probabilística.

La diferencia fundamental entre la lógica y la teoría de las decisiones, por una parte, y la lógica probabilística propiamente dicha, la teoría de la probabilidad, la estadística matemática e incluso la teoría de los juegos, por otra, consiste en que, en las primeras, a diferencia de las últimas, existe una función valorativa, complementaria con respecto a éstas, independientemente de que la llamemos función de utilidad, de deseabilidad *(desirability)*,[84] pronosticadora o de cualquier otra forma. La elección, la construcción y, en cierto grado, la denominación de esta función está determinada, en lo fundamental, por aquella clase de tareas a la cual se aplica. Pero lo fundamental es que esa función existe, que está determinada por todo lo específico de las tareas examinadas en ambas teorías. Es por ello que en toda la exposición que sigue, en aras de simplificar, llamaremos a esta función valorativa función de utilidad, incluso sin señalar el carácter convencional de esta denominación.

En realidad, la lógica probabilística o la teoría de las probabilidades se interesan, en correspondencia con las probabilidades de los enunciados o de los acontecimientos, en encontrar las probabilidades de objetos complejos. En la teoría de los juegos podemos encontrar una cierta estrategia ganadora u óptima para determinada clase de juegos e incluso para un juego en cuestión. Pero, ¿qué valor tendrá precisamente para nosotros el conocimiento de la probabilidad de uno u otro enunciado, acontecimiento o estrategia de juego? Para ser más precisos, ¿cómo influirá este conocimiento sobre la toma por nosotros de una decisión relacionada con esos enunciados, acontecimientos o juegos?

Supongamos que a partir de un determinado conjunto de síntomas conocidos en un enfermo, el médico establece un diagnóstico. Supondremos también que el médico pueda incluso evaluar la probabilidad de la corrección de este diagnóstico. Pero sobre la decisión del médico de utilizar uno u otro método de curación habrá de influir no sólo, e incluso no tanto, la probabilidad de la corrección del diagnóstico como la situación concreta en que se encuentran el médico y el enfermo; para ser más exactos, una función, en general, infinitamente compleja, que depende de una masa de parámetros que incluye algunos no revelados en el caso dado: la función de utilidad para el enfermo. No es casual por ello que los médicos, sobre todo en

los casos extremos, no traten de formular un diagnóstico profundo, sino que traten de eliminar, por lo menos inicialmente, el síndrome que consideran evidente.

Las cosas son algo más simples, aunque no triviales, en las situaciones relacionadas con los juegos. En los juegos con una estrategia casual, sobre todo en aquellos casos en que el jugador tiene la posibilidad de jugar un número grande, por no decir infinito, de partidas, es decir, cuando se trata precisamente de un juego y no de una apuesta y cuando el capital del jugador supera, de hecho infinitamente, su apuesta, la espera matemática de ganar es, en esencia, el único parámetro que determina la función de utilidad de este jugador. Sin embargo, la situación se complica en aquellos casos, mucho más numerosos, en que se trata, en rigor, no ya de un juego, sino de una apuesta, es decir, de una partida única de ese juego casual. En este caso, la función de utilidad del participante en la apuesta no dependerá tanto del conocimiento de que el juego en cuestión —aunque sea infinito— es un juego con una estrategia puramente casual y que esa partida se valora, digamos, 3 : 2. Para decidir la participación en semejante apuesta será preciso conocer la magnitud concreta de la apuesta, por ejemplo, si es de 2 o 2 000 rublos o pesos, la magnitud del capital de que se dispone y las condiciones concretas en que se encuentra. No es difícil encontrar ejemplos en que al hombre le resultará claramente útil participar en un juego en que perderá incondicionalmente —por supuesto, en caso de que se cumplan todas las condiciones del juego casual en cuestión y, lo fundamental, que sea prácticamente infinito—, debido a que, por ejemplo, el ganar, por poco probable que sea, le asegurará por lo menos una oportunidad de obtener cierto resultado que no podría obtener sin esa oportunidad, por poco probable que sea.

Por tanto, en una serie de casos, la función de utilidad del sujeto que influye sobre la toma de su decisión puede ser determinada del todo, en sus rasgos más esenciales, por medio de ciertas características estadísticas, por ejemplo, la espera matemática, como en el ejemplo antes expuesto del juego casual, la mediana, el modo, etcétera. En otros casos más numerosos, la función de utilidad del sujeto resulta, por el contrario, considerablemente dependiente de parámetros totalmente diferentes, digamos, del tamaño del capital del jugador, de las condiciones en que se encuentran el médico y el paciente, etcétera. En principio, por lo menos en nuestra opinión, la lógica de las

decisiones debe ocuparse de aquellas condiciones que están relacionadas con cualesquiera tipos de funciones de utilidad.

La lógica de las decisiones establece algunas reglas generales de toma de decisiones en condiciones de incertidumbre. En particular, clasifica los tipos de incertidumbres, define la forma general de la función de utilidad demostrando la existencia de funciones con determinadas propiedades en presencia de ciertas funciones, establece el vínculo de esta función con otras utilizadas en la lógica en cuestión y, como es de suponer, se ocupa de elaborar los problemas de la aplicación de los métodos construidos en esta lógica a las distintas tareas que aparecen en ella. La teoría de la toma de decisiones se ocupa de aquel campo donde la función de utilidad depende sustancialmente —como abstracción, completamente— de ciertos parámetros estadísticos y de otro tipo, y elabora los métodos y problemas de aplicación de los mismos a las tareas que surgen aquí.

Quisiéramos decir algunas palabras sobre los métodos de construcción de algunas lógicas de decisión concretas. Como ya se ha dicho en más de una ocasión, la lógica de las decisiones, al igual que la teoría de la toma de decisiones, se definen actualmente como teoría de la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre. Desde este punto de vista, toda diferencia entre estas teorías consiste en que operan con incertidumbres de diferentes tipos. La teoría de la toma de decisiones está relacionada con la toma de decisiones en condiciones de diferente género de incertidumbres, mientras que la lógica de las decisiones trata con una clase de incertidumbres, calificadas frecuentemente de epistemológicas.

La lógica de las decisiones o, en todo caso, algunas de sus variantes, son denominadas con frecuencia teoría de las probabilidades y utilidades subjetivas,[85] e intentaremos demostrar la fundamentación de ese nombre. No creemos que valga la pena detenerse en el hecho de que la teoría de las probabilidades subjetivas o personalistas no posee ninguna relación con aquellas construcciones idealistas subjetivas relativas a la teoría de las probabilidades que fueron durante largo tiempo motivo de confusión no sólo para muchos filósofos, sino incluso para muchos matemáticos, entre ellos algunos de los más reputados.

Sin detenernos en los principios de construcción de la teoría de las probabilidades subjetivas, señalaremos tan sólo que esta teoría, como la lógica probabilística, reveló una serie de proposiciones muy importantes de la doctrina sobre las probabili-

dades y, lo que quizás sea lo fundamental, que en muchas tareas esta doctrina resulta vital no por los valores numéricos de las probabilidades, por sus magnitudes absolutas, sino exclusivamente por sus correlaciones. En otras palabras, un gran número de tales tareas pueden ser resueltas si se conocen sólo las correlaciones entre probabilidades y no sus magnitudes absolutas.

En esencia, el mérito de los fundadores de la lógica de las decisiones de los tipos aquí discutidos y, sobre todo, de Jeffrey, consistió precisamente en que demostraron la posibilidad de trasladar esta proposición a la utilidad —para ser más exactos— en que las probabilidades y utilidades serán invariantes con respecto a determinadas transformaciones matemáticas y, concretamente, en relación con las lineales. $R' = \alpha R + \beta$, $D' = \alpha_1 D + \beta_1$ donde R y R', y D y D', con respecto a la probabilidad y la utilidad α, Δ_1 β, β_1, son los coeficientes de transformaciones lineales.

De aquí resultó una consecuencia muy importante: las matrices probabilísticas y de utilidad, que son los instrumentos principales de la lógica de las decisiones y de la teoría de la toma de decisiones, resultan equivalentes, si en el lugar de cada elemento R_i en relación con D_j en estas matrices se sitúan los elementos R'_i y D'_j.

En esencia, en el fundamento de la lógica de las decisiones del tipo que tratamos se encuentra la ponderación, con frecuencia, la llamada ponderación de Bayes. La ponderación puede describirse de la siguiente forma: para determinadas tareas, en las columnas se anotarán las posibles acciones A_i, y en las líneas las condiciones de su realización, que en la lógica y la teoría de la toma de decisiones se denominan habitualmente "estados de naturaleza" C_j. Entonces, los elementos de la matriz obtenida constituirán resultados concretos de las acciones A_i en las condiciones concretas C_j, es decir, A_i, C_j. Después se confeccionan dos matrices valorativas, en una de las cuales se valoran la utilidad de los resultados A_i, C_j, y en otra, sus probabilidades. Después de esto se hallan las utilidades esperadas de cada acción dada A_i, las cuales constituyen magnitudes ponderadas, obtenidas de la multiplicación de la utilidad de cada resultado dado A_i C_j por su probabilidad y de la posterior suma de todas esas multiplicaciones referidas a cada acción dada. La transformación del tipo señalado está llamada a simplificar los cálculos, aunque es frecuente que sólo gracias a ella los cálculos resulten posibles. Sobre la base de los datos

obtenidos se confecciona el rango de preferencia, el cual sirve de base para la elección de una u otra acción, es decir, de una toma de decisión.

La lógica de las decisiones que no sólo fundamenta, sino demuestra las reglas de medición de las probabilidades sin apelar a la frecuencia, posee un gran significado filosófico. Este significado reside en que, en lo fundamental, la probabilidad es una categoría mucho más abstracta que lo que les parecía a los defensores de la frecuencia, ya que puede medirse con ayuda de las propiedades más diversas a las cuales se logra vincularla.

Precisamente, el vínculo señalado entre probabilidad y utilidad no sólo es el más importante, sino el fundamento único de la clase de lógica de las decisiones que examinamos. Veamos, por ejemplo, cómo construye Jeffrey su lógica de las decisiones.[66] Esta lógica utiliza el esquema clásico de toma de decisiones, la llamada ponderación de Bayes. Para los fines de la exposición de la teoría de Jeffrey, que viene a continuación, introduciremos las siguientes designaciones. Supondremos que p, q, r, s son las variables proposicionales, cuyo campo de definición está formado por los enunciados sobre distintas acciones y sus consecuencias: U y P, los símbolos funcionales; U = símbolo de la función de utilidad; P = probabilidad; T = enunciado válido; F = enunciado imposible. Se presupone que el conjunto de enunciados es parcialmente ordenador con respecto a la "preferencia". En lo sucesivo, para simplificar, llamaremos rango de preferencia o simplemente rango al conjunto ordenado por preferencia de los enunciados. En este conjunto, por encima de los axiomas habituales de cálculo de los enunciados, se ofrece el siguiente sistema de axiomas, que determina las funciones de utilidad y probabilidad:

(A_1) $P\ (P) \geqslant 0$

(A_2) $P\ (T) = 1$

(A_3) $P\ (pVq) = P\ (p) + P\ (q)$, si es que $P(p\&q)$

(A_4) si $P(p\&q) = 0$ y $P\ (pVq) \neq 0$, entonces

$$U\ (pVq) = \frac{P(p) \cdot U\ (p) + P\ (q) \cdot U\ (q)}{P\ (p) + P\ (q)}$$

Los primeros tres axiomas son axiomas de la lógica probabilística. La probabilidad condicional $P\ (p/q)$ se determina del

modo habitual y posee las propiedades habituales. El axioma (A_4) es el axioma de utilidad, el cual establece que la utilidad de la disyunción de enunciados incompatibles es la media ponderada de las utilidades de estos enunciados, donde como ponderaciones actúan las probabilidades de los enunciados dados. Es así que si tomamos una cierta acción, designada mediante el enunciado p, que posee distintos resultados incompatibles (consecuencias), designados respectivamente con los enunciados P_1 y P_2, a los cuales se atribuye una cierta utilidad y probabilidad de ser verdaderos, la utilidad del enunciado p será la media ponderada de las utilidades de los enuciados p_1 y p_2. El conjunto de enunciados constituye los campos de definición de estas funciones: el conjunto de números reales del segmento *(0,1)* es el campo de significados de la función P; todo el conjunto de números reales $(-\infty, +\infty)$ es el campo de significados de la función U. Por tal razón, en rigor, los dos tipos de axiomas señalados (axiomas de cálculo de enunciados y axiomas A_1-A_4) habría que añadirles los axiomas de la aritmética común, o sea, los axiomas que determinan las operaciones $(+; -; \times; :)$ en los campos correspondientes. Sin embargo, por razones de simplificación, estos axiomas normalmente no se consideran. Por tanto, las funciones U y P vienen a cruzar el puente entre dos conjuntos de objetos totalmente diferentes: el conjunto de enunciados y el de números reales. Por tal razón, esas funciones son a veces llamadas "funciones puente". En forma de esta lógica "injertada" se construye con frecuencia la lógica probabilística, en la cual la función de probabilidad actúa como "función puente". La lógica de las decisiones creada por Jeffrey, la cual, desde cierto punto de vista podría denominarse lógica de utilidad, se diferencia de la probabilística, como veremos, por la presencia de dos funciones puente en lugar de una.

En la teoría de la toma de decisiones se ha entendido, aunque sea intuitivamente, por qué la función de utilidad determina de manera más o menos objetiva una u otra decisión del org. Ella está determinada aquí, en particular, por parámetros estadísticos que dependen de probabilidades, las cuales, a su vez, están relacionadas con frecuencias, es decir, con magnitudes objetivamente mensurables en general. En la lógica de las decisiones, esa convicción intuitiva parece no tener los suficientes fundamentos evidentes —en todo caso, precisamente ese grado de evidencia—. Al resolver un mismo problema, las

funciones de utilidad de las distintas personas pueden resultar, en términos generales, muy diferentes. Más aún, incluso en presencia de una misma función de utilidad, parece ser que es imposible establecer —por lo menos en la actualidad no existe— un criterio universal único para la toma de decisiones que esté condicionado por determinadas leyes lógicas. Sería más exacto decir que en la actualidad no existen, o es imposible establecer, criterios únicos de toma de decisiones que están subordinados a determinadas leyes sintácticas o incluso semánticas.

Sin embargo, en la lógica entran no sólo la sintáctica y la semántica, sino, también, en esencia, la pragmática. Surge por ello un problema perfectamente natural: ¿no es posible proponer determinados criterios de toma de decisiones que se subordinen a las leyes de la pragmática? Por ejemplo, puede tratarse de un criterio de toma de decisiones que posea la máxima utilidad para el sujeto dado, independientemente de cómo se exprese ésta, sea que el sujeto provoque las menores pérdidas a una determinada empresa u obtenga, aunque sea, la posibilidad de alcanzar un cierto resultado deseado.

Por supuesto, la pragmática es hoy el campo menos elaborado de la lógica, aunque, en nuestra opinión, está presente, en uno u otro grado, en cualquier construcción de la lógica, incluso en la puramente sintáctica. Naturalmente, está presente en tales construcciones, por así decir, en forma difusa, externa con respecto al sistema mismo, o —para precisar— en forma de exigencia de simplicidad y comodidad al elegir unos u otros axiomas determinados para la construcción más simple de aquellos modelos que habremos de utilizar por medio de la lógica en cuestión. En forma más clara y con derechos más serios, la pragmática entra en algunas lógicas modales, probabilísticas e inductivas.

A esto prestaron atención, aunque en otra relación y con diferente terminología, algunos de los primeros creadores de la lógica inductiva y probabilística modernas, como Keynes, Jeffrey y Finetti. Finetti escribió: "Para hablar de hechos objetivos resulta suficiente la lógica común. Pero para justificar cualesquiera predicciones o razonamientos probabilísticos, toda teoría no subjetiva, las llamadas probabilidades no subjetivas, resultan insuficientes."[87] En realidad, como mostraron muchos investigadores de los problemas de la probabilidad,[88] al definir la probabilidad no podemos, a fin de cuentas, dejar de realizar la evaluación subjetiva más burda de esta probabilidad.[89] Es

precisamente por medio de esta valoración subjetiva de la probabilidad que la pragmática entra en la lógica probabilística, por cierto, en forma totalmente clara y no como un apéndice exterior, sino de manera perfectamente interna, y por consiguiente, en cualesquiera otras lógicas descritas con su ayuda, ante todo, las diferentes lógicas inductivas y la lógica de las causas.

En forma más clara aún, la pragmática entra en la lógica de las decisiones, caso en el cual esa entrada no se realiza sólo a cuenta de la probabilidad, sino, sobre todo, de la principal función distintiva de esa lógica: la función de utilidad. Desde nuestro punto de vista, el papel de la pragmática de la lógica de las decisiones es tan sustancial que debe tenerse en cuenta en la definición misma de la lógica de las decisiones. Por otro lado, gracias precisamente a la importancia del papel que desempeña la pragmática para la lógica de las decisiones, las propias investigaciones de esta disciplina pueden considerarse hoy como un aporte muy serio a los estudios sobre la pragmática. Es más, consideramos que la demostración de la existencia de la función de utilidad, una de las conquistas más importantes de la lógica de las decisiones, resulta también uno de los pasos más significativos, si no el más importante, de todos los dados por la pragmática.[90] Nos parece que las investigaciones sobre pragmática, después de las que se realizan sobre sintática y semántica, deben atraer la atención de los lógicos y devenir verdaderamente sistemáticas. En nuestra opinión, la lógica de las decisiones debe desempeñar un gran papel en la elaboración de los métodos de investigación en el campo de la pragmática.

Casi no vale la pena consignar aquí que la lógica de las decisiones, como tal, no tiene relación directa con la filosofía del pragmatismo, aunque los autores de investigaciones, sobre esa lógica pueden sostener, como es de suponer, las más diversas concepciones filosóficas, en particular, las del pragmatismo. En todo caso, la lógica de las decisiones no tiene relación alguna con el principio pragmático de definir la verdad por medio de la utilidad, aunque esto pueda parecer así por la semejanza de estos dos conceptos. Antes bien, en la lógica de las decisiones se hace posible distinguir en forma debida estos dos conceptos y definir el valor real y el lugar —por lo menos en los marcos de esta lógica— de cada uno de ellos, y hacerlo en un nivel lógico, verdaderamente científico, aunque no se haga todavía en un lenguaje formalizado.

En los últimos tiempos, la decisión, precisamente la decisión

como tal, en sentido general, en calidad de una determinada categoría lógica, se ha convertido con frecuencia en el objeto de discusión de las distintas ciencias, en primer lugar, de la teoría de la ciencia.[91] Esto no debe asombrarnos. La clase de problemas planteados a las más diversas ciencias se ha ampliado enormemente en los últimos tiempos, de manera que a veces resulta difícil definir qué es lo que puede llamarse un problema real y qué es lo que constituye sólo un nombre codificado para un conjunto íntegro de problemas, a menudo demasiado heterogéneos.

Tal estado de cosas estuvo estrechamente relacionado con el problema de qué debe entenderse por solución de una tarea; en este caso no está claro cuál de estos problemas fue el primario. Además de las tareas habituales que ofrecen soluciones positivas o negativas, e incluso de aquellas que en los últimos tiempos se han convertido en habituales y que han sido insolubles, es decir, que no tuvieron solución ni positiva ni negativa, aparecieron en distintas ciencias tareas con respecto a las cuales no había claridad acerca de lo que podía considerarse como una solución para las mismas. Por ello no debe sorprender que la cuestión de qué es una tarea y cuál es su solución, sea una de las más actuales, poseedora de un carácter totalmente general. La lógica de las decisiones ofrece precisamente una de las posibles respuestas a estas interrogantes.

Aquí se considera como tarea, en esencia, cualquier problema surgido en una actividad orientada a un fin del org. Como solución a esta tarea hay que considerar aquella alternativa elegida por el org para su solución, partiendo de unas u otras consideraciones. Desde el punto de vista de la lógica es natural definir la tarea como un predicado, en general, de cualquier nivel, y la solución como un objeto que ejecuta este predicado, es decir, que lo abarca en un enunciado verdadero, o un enunciado que posee un grado de probabilidad admisible para nosotros.

Los objetos que constituyen soluciones de distintas tareas pueden poseer la naturaleza más diversa en dependencia de estas tareas. Como campo de definición de nuestros predicados-tareas pueden funcionar conjuntos de las más diversas naturalezas: de números, figuras, sustancias, personas, mercancías, etcétera; mientras que como campos de significación de estos predicados-tareas sólo pueden actuar los conjuntos de significados verdaderos del predicado, los cuales, por cierto, pueden constituir diferentes niveles de probabilidades.

Hay que señalar de inmediato que las probabilidades pueden actuar, por supuesto, como campo de definición del predicado, por ejemplo, cuando constituyen soluciones de determinadas tareas probabilísticas. Es decir, las probabilidades como elementos del campo de definición del predicado pueden ser frecuencias relativas o absolutas de cualesquiera acontecimientos, probabilidades clásicas normales y, en general, de cualquier cosa, en particular, grados de convicción racional o de confirmación. Pero como elementos en el campo del significado de los predicados, ellas sólo pueden actuar como determinados significados verdaderos del predicado, es decir, sólo como grado de convicción o de confirmación.

Por supuesto, las lógicas que operan con enunciados definidos de esa forma no pertenecerán obligatoriamente a la clase de las lógicas de decisiones. Por ejemplo, para la clase de tareas matemáticas éstas serán, al parecer, ciertas lógicas del tipo de la lógica de las tareas de Kolgomorov. Para la clase de las tareas físicas serán las lógicas del tipo de las llamadas débilmente intuicionistas, que se diferencian de la lógica intuicionista por la ausencia del axioma $(P > (Q > (P\&Q)))$ y la presencia, en calidad de regla de inferencia, de la regla de conjunción condicional, que no es derivada de esta lógica.

Esto no debe sorprender. De hecho, en las tareas matemáticas se toma, como solución, todo el conjunto de las soluciones que cumplen el predicado-tarea dado. En todo caso, si a este conjunto se incorporan determinadas limitaciones, las mismas se introducen en las condiciones mismas de la tarea. Por ello podemos señalar que en las tareas matemáticas, para obtener una solución, es suficiente la sintáctica, entendida de forma algo más general que como habitualmente se hace. En las tareas físicas, sobre todo en aquellos casos en que la solución de estas últimas se reduce a la solución de ciertas tareas matemáticas, se mantiene el problema de la elección de las decisiones que resultan apropiadas para la tarea física dada, aunque para su solución basta habitualmente la semántica, es decir, que la elección se produce a partir del sentido de la propia tarea física. Es así que, si la solución de una tarea física sobre la magnitud de la velocidad de cualquier objeto físico se reduce a la solución de una ecuación cuadrática que da dos raíces, positiva y negativa, por el sentido de la tarea misma se hace evidente que a ella le resulta ventajosa una sola solución: precisamente, el número positivo. Sin embargo, existe una inmensa clase de tareas en las cuales no sólo resultan importantes

las consideraciones de la semántica, sino también las de la pragmática. Aunque los objetos que las realizan, es decir, todas las posibles soluciones de estas tareas, siguen siendo elementos de los conjuntos más diversos al elegir, entre estas soluciones posibles, las reales. En la tarea de obtener una sustancia determinada mediante una reacción química realizada bajo condiciones dadas, pueden existir no pocas soluciones. Sin embargo, la elección de una solución determinada que nos satisfaga, dependerá, fundamentalmente, de las consideraciones de la pragmática, incluidas las consideraciones sobre la presencia en ese momento y en el labor torio en cuestión de unas u otras sustancias, o sobre la posibilidad de conseguirlas.

Resulta claro que las lógicas que operan con semejante tipo de enunciados deben ser remitidas, en esencia, a la clase de las lógicas de decisiones. En ellas entra sustancialmente la pragmática, mientras que el predicado-tarea resulta realmente definido en dos conjuntos, precisamente, en el conjunto de decisiones posibles de la tarea en cuestión y en un conjunto de utilidades que permite realizar de cierta forma la elección, a partir de todas las decisiones posibles de la tarea, de decisiones que resultan reales en cierto sentido. En tales casos es común que se actúe así. Se crea una función intermedia que correlaciona los elementos de un conjunto con los de otro, y después, ya en este último conjunto se crea la función necesaria aunque habitual: en este caso, un predicado habitual. En la lógica de las decisiones esa función intermedia es precisamente la función de utilidad, que confiere a cada solución posible de la tarea un significado de utilidad, y de esa forma extrae de todas las funciones posibles de la tarea las soluciones reales.

Por tanto, aquellas tareas de la lógica de las decisiones para las cuales se puede construir con efectividad esa función de utilidad —y en la actualidad en la lógica de las decisiones sólo se consideran esas tareas—, se convierten en predicados habituales, aunque determinados en el conjunto de utilidades. En lo que respecta al campo de los significados de estos predicados, éste puede constituir en principio un conjunto de dos elementos, es decir, de verdad y falsedad. En otras palabras, la realizabilidad de ese predicado implicará que los enunciados correspondientes hayan devenido verdaderos. En las tareas reales de la lógica de las decisiones, sin embargo, el predicado adquiere siempre y exclusivamente un significado probabilístico. Es más, puede decirse que si el predicado adopta un valor igual a *1*, es decir, de veracidad, esto corresponderá simplemente a aquel

estado de cosas en que, como valor de la función de utilidad, se tomará todo el intervalo de sus posibles valores. Por ejemplo, si la utilidad se representa con números, que es lo que sucede con mayor frecuencia, la veracidad de semejante enunciado corresponderá a la afirmación de que la función de utilidad adquiere todos los valores en el intervalo definido de antemano para ella.

Esto corresponde a un estado de cosas en que realmente podemos definir el valor de la utilidad sólo con cierto grado de confiabilidad, y en este caso la exigencia de elevar el grado de confiabilidad implica inevitablemente un aumento de la amplitud del intervalo de valores de utilidad en el cual podemos definirlos con el grado dado de confiabilidad. Cuando el grado de confiabilidad es igual a *1*, sólo podremos garantizar el valor de la utilidad en todo el intervalo en el cual puede adquirir significación la función dada. Resulta claro entonces que la utilidad y el grado de confiabilidad de su definición están relacionados entre sí por una cierta correlación inversa, o, para más exactitud, mutuamente inversa. Sin embargo, debido a que el propio grado de confiabilidad está definido, siempre y solamente por cierta probabilidad, la referencia a la utilidad, por sí sola, no nos libra del llamado regreso al infinito. No obstante, puede señalarse que no sólo para esta tarea concreta, es decir, no sólo prácticamente, sino, en general, en la lógica de las decisiones puede evitarse teóricamente el regreso al infinito mediante la remisión a la optimalidad, por ejemplo: la optimalidad de la correlación que acabamos de señalar entre la utilidad y el grado de confiabilidad de su definición.

En pocas palabras, la idea de esta demostración se reduce a lo siguiente. A cada valor del grado de confiabilidad, que constituye, por cierto, una probabilidad de segundo orden, puede hacérsele corresponder una utilidad: la utilidad de segundo orden. Por supuesto, de hecho, la utilidad se sitúa en correspondencia con una correlación de utilidad de primer nivel y con el grado de confiabilidad de su definición, es decir, de probabilidad de segundo orden. Entonces, el valor óptimo de probabilidad de segundo orden habrá de corresponder un determinado valor máximo de utilidad de segundo orden. Por consiguiente, la nueva función de utilidad tendría en este punto un extremo claro, lo que permitiría equiparar el valor del nuevo grado de confiabilidad —de probabilidad de tercer orden— a la unidad, lo cual terminaría el regreso. En esencia, a partir de ideas análogas podríamos detenernos en probabilidades de

segundo orden y utilizar, en lugar de intervalo de valores de utilidad, ciertos valores concretos de la misma, a cuya definición nos ayudaría el método del *minimax,* como en esencia se hace en la teoría de las decisiones.

Como vemos, por algunos de sus rasgos, la función de utilidad hace recordar la de probabilidad. Ambas son funciones intermedias en el sentido antes indicado, ambas actúan, por así decir, en distintos niveles de abstracción y, por último, ambas poseen, en la mayoría de los casos, los mismos campos de definición y valor, y mediante pequeños artificios matemáticos pueden hacerse matemáticamente equivalentes, lo que en algunos casos resulta muy importante. De todas formas, la función de utilidad y la de probabilidad son, en esencia, diferentes entre sí, aunque están estrechamente vinculadas. Para concluir, nos detendremos con algún detalle en la característica de la función de utilidad, a la cual sólo está consagrada, hasta ahora, la literatura especial sobre teoría y lógica de las decisiones.

La función de utilidad está pensada como función que modela el comportamiento de cierto org que adopta una decisión en una situación de incertidumbre más o menos descrita.[92] Muchos experimentos han demostrado que los hombres que toman una decisión en situaciones de incertidumbre, con frecuencia, aunque no siempre, se comportan como si crearan para sí mismos una función de utilidad, cercana por sus propiedades a la función teórica que se posee. En otras palabras, las funciones empíricas de utilidad, creadas por muchas personas al solucionar las tareas más diversas, satisfacen, en lo fundamental, la misma admisión y poseen las mismas propiedades que las funciones teóricas de utilidad construidas por los matemáticos, lo que, en términos generales, no puede causar asombro, debido a que semejante premisa yacía, en una u otra forma, en la base de la construcción de esta función como objeto matemático.

Por supuesto, para convertir la función de utilidad en un instrumento verdaderamente serio, no sólo de la investigación práctica, sino de la teórica, sería necesario demostrar en rigor que semejante tipo de objeto teórico, más concretamente, matemático, constituye una formación no contradictoria, es decir, que exige en cierto sentido matemático concreto (por cierto, en el sentido de la matemática clásica, aunque consideramos posible demostrar su existencia también en el sentido de la matemática constructiva). Esta demostración, como ya se ha señalado más de una vez, es considerada por nosotros como

uno de los logros más serios, no sólo de la lógica de las decisiones, sino de la pragmática. Sin embargo, debido a que esta demostración constituye un razonamiento puramente matemático, incluso no lógico-matemático, consideramos posible aquí, sin tocar los detalles matemáticos especiales de la lógica de las decisiones, no realizar esta demostración. Quienes lo deseen pueden estudiar la demostración completa,[93] así como la demostración más simplificada, aunque ejecutada de forma totalmente correcta en la bibliografía del presente capítulo.[94]

4. ACERCA DE LOS MÉTODOS DE LA TEORÍA DEL SERVICIO MASIVO

Principales rasgos de la teoría

La teoría del servicio masivo (TSM) ocupa un lugar sobresaliente en las actuales investigaciones científicas y aplicadas. Después de haber recibido los primeros estímulos para su surgimiento en las tareas de comunicación telefónica, la TSM conquistó rápidamente una importante posición en algunos campos de la técnica, la organización de la producción, la economía, el transporte, los servicios a la población, en la organización, y en la actualidad en la proyección de la técnica de computación e informativa. En la física y la biología numerosos problemas encontraron solución satisfactoria sólo en los marcos de la TSM, tanto dentro de sus modelos ya elaborados, como mediante la creación de otros nuevos. Es importante consignar que la abundancia y diversidad de las tareas prácticas a que se aplica la TSM no se limitan solamente a la utilización del aparato matemático disponible, sino que han planteado a la matemática la necesidad de enriquecerlo con nuevas líneas de investigación y nuevos métodos. En el ejemplo de la TSM encontramos una ilustración complementaria de la tesis fundamental del materialismo dialéctico sobre la práctica como fuente de nuestros conocimientos y sobre la acción continua de la práctica social sobre la orientación e intensidad de las investigaciones científicas.

Naturalmente, la cibernética, como ciencia sobre los problemas generales de la dirección, no puede dar de lado a las ideas y métodos de la TSM. La dirección verdaderamente racional de un proceso exige el conocimiento de las leyes a las que se subordina. Debido a que la TSM sirve de modelo total-

mente satisfactorio para un gran número de procesos complicados, la cibernética deberá incluir la TSM como una de sus partes principales. Además, en la propia TSM, los problemas de la dirección de los sistemas de servicio masivo desempeñaron y desempeñan un papel central. Dada la peculiaridad de los procesos descritos por la TSM, los problemas de la dirección adquieren, con respecto a los modelos determinísticos, una serie de rasgos específicos que exigen la creación y elaboración de métodos especiales.

Pueden surgir interrogantes perfectamente válidas: ¿acaso los problemas con los cuales trabaja la TSM no tuvieron que ser enfrentados en años anteriores? ¿Acaso antes no tenían significación práctica ni teórica? ¿Por qué la TSM, surgida hace relativamente poco tiempo, se desarrolla con tanta rapidez, y adquiere seguidores entre los representantes de los más diversos campos del conocimiento?

No se pueden dar respuestas rápidas a las anteriores interrogantes, debido a que esto exige, aunque sea en sus rasgos más generales, un conocimiento del contenido y las particularidades características de las tareas de la TSM. Ahora nos limitaremos a subrayar dos importantes momentos que condicionaron la necesidad de crear la TSM en nuestro tiempo. Ante todo señalaremos que en los últimos decenios aparecieron campos totalmente nuevos del conocimiento y de la actividad que adquirieron una importancia exclusiva en la vida de la sociedad. Recordemos la producción industrial masiva: líneas tecnológicas automáticas; nuevos tipos de comunicación: teléfono, telégrafo, radio; sistemas informativos y de computación. Además, los sistemas sociales tradicionales —transporte, servicios médicos, organización de la producción y otros— han adquirido aspectos totalmente nuevos de funcionamiento, relacionados, en primer lugar, con el abrupto crecimiento de sus cargas. Como veremos más tarde, ya esta circunstancia conduce por sí sola a la necesidad de modificar radicalmente los modelos matemáticos de estos procesos, haciendo necesaria la utilización de los modelos de la TSM.

El planteamiento y la solución de las primeras tareas de la TSM están relacionados con el nombre de un viejo colaborador de la estación telefónica de Copenhague, A. K. Erlang (1878-1929). Quisiéramos señalar que, aunque las primeras publicaciones de Erlang vieron la luz hace unos setenta años, los problemas y modelos que formuló siguen desempeñando un importante papel teórico; si bien ya han sido desarrolladas y

ampliadas por otros criterios al elaborarse nuevas teorías que analizan algunas de las particularidades del trabajo de los sistemas de servicio masivo.

Los planteamientos iniciales de Erlang eran los siguientes:

Los abonados de una red telefónica se dirigen de tiempo en tiempo a los servicios de la red para obtener una comunicación con otros abonados. Su llamada llega a un punto central. Si se dispone aunque sólo sea de una línea de comunicación libre de conversaciones, la conexión se establece de inmediato, y el abonado obtiene la posibilidad de realizar la conversación que desea. Si en el momento de la llamada todas las líneas de comunicación están ocupadas por conversaciones de los abonados, que fueron solicitadas antes, serán posibles dos situaciones: 1) la nueva llamada se sitúa en turno, en espera del momento en que se desocupe determinada línea de las llamadas anteriores; 2) una vez recibido el rechazo de un servicio inmediato, la llamada sale del sistema, se pierde para el sistema.

En relación con estas dos posibilidades, Erlang introdujo el examen de dos sistemas de servicios: servicio con espera y servicio con pérdidas.

Es perfectamente comprensible que la efectividad del servicio en cada uno de los sistemas descritos deberá evaluarse mediante características totalmente diferentes. Para los sistemas con espera —con cola— el papel central lo desempeña la valoración de la duración de la espera del comienzo del servicio y, en relación con ella, la valoración de la longitud de la cola. En los sistemas con pérdidas, la característica central de la calidad del servicio es la probabilidad de pérdida de la llamada. En los últimos tiempos, sobre todo en relación con el examen de las tareas de la física nuclear y la teoría de la confiabilidad, resultó que en los sistemas con pérdidas ofrece cierto interés otra característica: la duración del intervalo de tiempo que va desde el comienzo del trabajo del sistema hasta la primera pérdida de una solicitud —llamada.

Ahora sabemos con toda precisión que las tareas examinadas por Erlang ocupan un lugar muy modesto en la actual TSM. En los sistemas reales de servicio hay que enfrentarse a situaciones mucho más diversas y complejas. En particular, es frecuente la situación en que la longitud de la cola es cuantitativamente limitada —el número de los lugares de espera está limitado—; entonces, a partir de cierta dimensión de la cola, la nueva solicitud que arriba sólo puede esperar el comienzo del servicio con cierta probabilidad, la cual depende de la lon-

gitud de la cola. En los últimos años adquirieron interés las tareas relacionadas con el examen de las colas en las cuales la duración de la espera del comienzo del servicio o de estadía en el sistema de servicio está limitada por una determinada magnitud casual. Casos semejantes los encontramos en la práctica médica, en la organización de un servicio médico de urgencia; al investigar el trabajo de los sistemas informativos; en la conservación y venta de productos de rápida descomposición, etcétera.

En las tareas relacionadas con la dirección, con procesos de trasmisión de información, de servicios médicos, de trabajos de salvamento en montañas, etcétera, hay que tener en cuenta las solicitudes priorizadas que deben ser cumplimentadas con antelación a las otras que se encuentran en turno. En los últimos años, la teoría de sistemas de servicios con solicitudes priorizadas alcanzó un considerable desarrollo. La necesidad de incrementar el desarrollo de esta teoría está dictada también por los intereses de la proyección y explotación de la técnica de computación.

Hay que tener en cuenta que, como regla general, el trabajo de las líneas tecnológicas, sistemas informativos, centros de transporte, puntos médicos de urgencia, etcétera, está relacionado con el servicio por una cadena de operaciones consecuentes: fabricación de piezas en tornos situados en línea; recepción y procesamiento de información en sistemas informativos; registro de solicitudes de enfermos; espera de la liberación de una brigada médica que atiende solicitudes anteriores; examen de enfermos; prestación de los primeros auxilios. Este tipo de sistemas de servicio masivo se denomina multifásico. Como norma, no es posible solucionar de manera puramente analítica, por medio de fórmulas, las tareas que surgen aquí. El camino a seguir para resolver este tipo de tareas consiste en la elaboración de un modelo lógico de funcionamiento del sistema de servicio, en la confección de un modelo que puede ser procesado por una computadora, así como la creación de recomendacinnes sobre el trabajo del sistema de acuerdo con los resultados del desempeño del modelo en la máquina.

En el funcionamiento de los sistemas de servicio masivo desempeñan un papel decisivo dos factores: el arribo de la solicitud de un servicio y la duración del servicio a las distintas solicitudes. Numerosas observaciones del arribo de solicitudes al sistema de servicios —llamadas a los puntos de asistencia médica, momentos de registro de partículas cósmicas, llegada

de los clientes a una peluquería— mostraron con evidencia que esos momentos de llegada son casuales. Son igualmente casuales las duraciones del servicio. Por tanto, la organización del trabajo de los sistemas de servicio masivo deberá transcurrir mientras el arribo de solicitudes de servicio y la duración tengan este carácter, en condiciones, por así decir, de doble casualidad. Esta circunstancia deja una huella decisiva en toda la TSM y en el carácter de sus conclusiones. Pero estas conclusiones no sólo deben tener un interés teórico, sino que en ellas deben basarse importantes resultados prácticos: construcción de grandes centros de comunicación, organización de trabajos de salvamento en montañas, cálculo de la capacidad de flujo en puertos marítimos y fluviales, etcétera. Aquí reside el sentido de toda teoría, pues sería inútil sin utilización práctica.

En los últimos decenios del presente siglo, en las matemáticas surgieron nuevas líneas de investigación que recibieron amplia aplicación por responder plenamente a las exigencias de la práctica. El hecho de que estas ramas de la matemática no aparecieran antes no significa nada más que, en el pasado, las tareas de la práctica acumulaban sólo modificaciones cuantitativas, mientras que ahora dichas modificaciones han conducido a categorías cualitativamente nuevas, que exigen para su estudio enfoques sustancialmente nuevos.

Flujo de entrada de las solicitudes

El primer problema que debe interesar a la TSM es el establecimiento de las leyes de arribo de las solicitudes de servicio; problema que ha recibido el nombre de flujo de entrada de las solicitudes. Se trata de un problema complejo que requiere, por un lado, un estudio sistemático de los flujos reales, su análisis estadístico basado en prolongadas observaciones; por otro, la creación de los modelos lógicos de situaciones prácticas, que permitan prever por anticipado el carácter del flujo solicitudes encada situación concreta, y organizar los flujos de entrada.

La hipótesis clásica sobre la organización del flujo de entrada fue formulada por Erlang, quien suponía que el flujo de llamadas de los abonados de una red telefónica urbana era homogéneo en el tiempo y se subordinaba a las siguientes condiciones: 1) los intervalos de tiempo entre las llamadas con-

secutivas son mutuamente independientes; 2) poseen una misma función de distribución $F(x)\ 1 - e$, donde $\lambda > o$ es la constante que caracteriza la intensidad del arribo de llamadas. La segunda condición incluye la existencia de homogeneidad del flujo en el tiempo.

La hipótesis de Erlang ha sido comprobada muchas veces por medio de la observación, y muestra una coincidencia bastante satisfactoria de la hipótesis con el estado real de las cosas.

Como no es difícil demostrar, las propiedades de Erlang se basan en que el flujo de llamadas es homogéneo y, por tanto, se pueden considerar equivalentes al llamado proceso de Poisson. Este proceso casual se determina de la siguiente forma: a) el número de llamadas que llegan en intervalos de tiempo no interseccionados son independientes entre sí; b) la probabilidad de que durante un intervalo de tiempo de duración t se produzcan $k = 0, 1, 2...$) es independiente de la posición del intervalo de tiempo e igual a

$$Pk(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e$$

En este caso λ es también la constante de que hablábamos antes.

Es importante señalar que desde hace tiempo fueron señaladas las premisas cualitativas que conducen precisamente al flujo de Poisson con un parámetro independiente del tiempo. Su inicio se remonta a los trabajos de Einstein y Smolujovski sobre el movimiento browniano, aunque la formulación definitiva de estas condiciones se debe a A.I. Jinchin. Resulta que para que el flujo tenga la forma señalada es necesario y suficiente el cumplimiento de las tres condiciones siguientes: 1) estacionaridad; 2) ausencia de consecuencias; 3) ordinariedad.

La estacionaridad del flujo significa que para cualquier grupo con un número finito de intervalos de tiempo que no se cruzan entre sí, la probabilidad de que aparezcan $n_1, n_2 \ldots n_k$ solicitudes depende sólo de esos números y de la longitud de los intervalos de tiempo y no de su distribución. En particular, la probabilidad de aparición en el intervalo $(\tau, \tau + t)$ es igual a n solicitudes y constituye una función exclusiva de n y t, pero no depende de τ. En este caso, n puede adoptar todos los valores de números enteros $= 0, 1, 2...$

La ausencia de consecuencias consiste en que la probabilidad del arribo de n solicitudes durante un intervalo de tiempo

$(\tau, \tau + t)$ no depende de cuántas solicitudes llegaron y de qué forma lo hicieron antes de este intervalo de tiempo, de aquí se desprende que la aparición de uno u otro número de solicitudes en intervalos de tiempo que no se entrecruzan son acontecimientos independientes.

La ordinariedad del flujo, en general, consiste en la imposibilidad práctica de aparición de más de un acontecimiento del flujo durante un breve intervalo de tiempo. Esta condición la podemos formular con mayor precisión de la siguiente forma: $P > 1\ (h)$ es la probabilidad de que durante un intervalo de tiempo h arribe más de una solicitud. La condición de ordinariedad significa que cuando $h \to 0$

$$\frac{1}{h} P > 1\ (h) \to 0$$

En una serie de casos se logra comprobar directamente estas condiciones y resolver así inmediato el problema sobre el tipo del flujo de solicitudes que entran. Sin embargo, con frecuencia la comprobación directa de las tres propiedades mencionadas resulta difícil; por lo que está justificada la búsqueda de otras propiedades características de los flujos de Poisson que permitan establecer conclusiones a largo plazo a partir de consideraciones generales sobre la estructura de los flujos reales. Como resultado de una intensa búsqueda se consiguió obtener magníficos resultados. Dos de ellos poseen un gran valor práctico (e incluso teórico). El primero de los modelos fue minuciosamente investigado por A.I. Jinchin y sus discípulos, y el segundo, por el matemático húngaro A. Rene y sus seguidores.

1. Supongamos que el flujo de solicitudes está formado por una superposición de uniones —de suma— de un gran número de flujos adicionados independientes entre sí, cada uno de los cuales ejerce sólo una influencia despreciable sobre el flujo sumario. Así se forman los flujos de embarcaciones de larga travesía que arriban a un determinado puerto de carga. En realidad, el flujo de embarcaciones que arriban al puerto que nos interesa constituye una superposición de flujos particulares, cada uno de los cuales está formado por la embarcación dirigida al puerto en cuestión desde otro puerto. La cantidad de ejemplos semejantes que se pueden citar es prácticamente ilimitada y ya los hemos enumerado. Como mostrara A.I. Jinchin,

cuando se adiciona la suposición sobre la estacionaridad del flujo sumario y de su ordinariedad se puede garantizar su similitud con un flujo de Poisson homogéneo en el tiempo. Esta circunstancia es la que, como decíamos, se utiliza ampliamente en situaciones prácticas.

Si renunciamos a las condiciones de estacionaridad de los flujos en el tiempo y a la ordinariedad del flujo sumario, la poissonidad se asegura exclusivamente por la estructura del flujo: por la pequeñez de los flujos adicionados en comparación con los sumarios, por la independencia de los adicionados y la presencia de un gran número de flujos adicionados. Este hecho fue establecido por B. I. Griguelionis.

Por supuesto, según las condiciones de los trabajos de B. I. Griguelionis, el flujo sumario no será obligatoriamente homogéneo en el tiempo y ordinario. Los flujos reales son frecuentemente no ordinarios, por ejemplo, el flujo de remolcadores con barcazas, pues el número de barcazas puede ser de uno a siete u ocho. Los flujos no ordinarios poseen un gran interés para la práctica, por lo que merece atención la circunstancia de que el modelo de Griguelionis sea capaz de abarcar este caso. Es frecuente que los flujos no ordinarios de solicitudes se den por medio de la entrega del flujo de momentos de arribo de solicitudes y de la indicación de las probabilidades de aparición en uno u otro número de solicitudes en esos momentos.

2. El segundo modelo sería el siguiente: el flujo inicial de solicitudes se "cierne" repetidas veces. Esta operación consiste en que cada solicitud del flujo inicial es retenida con una determinada probabilidad $p = 1 - q$, y es rechazada con una probabilidad q. Resulta que la repetida realización de las operaciones de "cierne" acerca el flujo que queda al de Poisson. Como ejemplo de este tipo señalaremos el proceso de corrección de erratas durante la composición tipográfica. El texto compuesto pasa por una serie de correcciones consecutivas, cada una de las cuales elimina una parte considerable de erratas, pero no todas. Las erratas que se conservan después de estas numerosas comprobaciones forman un proceso de Poisson.

Las tareas de estudio de flujos, muy peculiares e importantes para la práctica, surgen cuando se resuelven cuestiones del servicio multifásico. Se trata de que el flujo de en-

trada de las solicitudes que arriban a las fases a partir de la segunda serán solicitudes que ya recibieron servicio en las fases precedentes. Es importante señalar que el flujo de solicitudes que arriba a la fase k del servicio es un flujo de solicitudes que han terminado el servicio en la fase $(k - 1)$. Lamentablemente, el estudio de los flujos de salida —de los flujos que han pasado una determinada fase del servicio— es todavía incipiente y constituye un problema muy complejo. En este estadio primario del estudio de los flujos de salida cada vez es necesario llevar a cabo un análisis, el cual deberá tener en cuenta el carácter específico del trabajo del sistema de servicio investigado. En el análisis de los sistemas multifásicos prestan gran ayuda las suposiciones adicionales relativas al flujo de entrada: la poca intensidad del arribo de solicitudes de servicio, el servicio rápido, etcétera.

En los últimos tiempos, bajo la insistente acción de las tareas prácticas, se ha prestado atención al hecho de que en muchos casos los flujos de entrada de solicitudes dependen sustancialmente del tiempo. La intensidad del arribo de llamadas a una estación telefónica central es muy superior durante el día. La intensidad de las llamadas al médico del servicio de urgencia no es la misma durante todo el día, sino que depende considerablemente del momento: es mucho menor de día que por la tarde o en la primera mitad de la noche. Los flujos de solicitudes se comportan de manera similar en los sistemas de servicios a la población: peluquerías, comedores, tiendas, etcétera. Es fácil mostrar ejemplos de sistemas de servicios masivos a los cuales arriban flujos de intensidad alterna semejantes a los de la física, la biología y la técnica. En este caso resultan de gran interés los flujos cuya intensidad constituye una función periódica en el tiempo, debido a que en muchos casos cada día sirve de ciclo natural. Es comprensible que en condiciones de una utilización racional del ma de servicios sea posible, de forma sustancial, o bien disminuir los gastos relativos a su contenido, o bien elevar la efectividad de su funcionamiento. La misma orientación se puede realizar, digamos, por medio de la conexión o desconocimiento de las leyes de arribo de solicitudes a un sistenexión de líneas de servicio o de la modificación de la intensidad de éste.

Sistemas con cola

El sistema con cola de espera fue estudiado en los casos más simples con respecto al flujo y la distribución de la duración del servicio establecidos por Erlang, y sigue atrayendo el interés de los investigadores, tanto en razón de las exigencias de la práctica, como en relación con las investigaciones sobre las leyes generales de formación de colas. Es interesante señalar que, si bien desde hace tiempo la humanidad tropieza por diferentes motivos con la formación de colas, en la práctica es frecuente que encontremos distintos especialistas que están muy lejos de tener una clara comprensión de las leyes peculiares que es necesario tener en cuenta para luchar con éxito contra las colas, convertidas en nuestros días en una verdadera calamidad. Las colas nos esperan al entrar al Metro, cuando adquirimos un boleto, en los puertos de descarga de barcos, durante la reparación de equipos e incluso en los actuales sistemas informativos y de computación. Los aviones hacen cola para aterrizar; las combinadas esperan los camiones para descargar el grano de sus depósitos, mientras que los camiones esperan a que el grano sea llevado a los elevadores; los barcos pesqueros pierden tiempo en espera de que los barcos madre arriben para entregarles la captura y poder continuar la pesca. Como resultado de la pérdida de tiempo durante la espera en las colas la sociedad pierde cuantiosos medios materiales, capacidades productivas y energías humanas.

Parece que para luchar contra las colas existe un medio racional: estudiar las leyes de formación de colas, aprender a calcular el número necesario de instalaciones de servicio y, sobre la base de estos conocimientos, organizar el trabajo de los sistemas de servicio. Sin embargo, en la práctica, está muy difundido otro método —que encontramos en cualquier libro— de recomendaciones prácticas y diferentes indicaciones que poseen un carácter puramente aritmético. Consiste en lo siguiente: para calcular la capacidad de flujo del sistema de servicios se encuentra el número medio de solicitudes de servicio que se reciben en una unidad de tiempo, y este número se divide entre el número de solicitudes que pueden ser atendidas en una unidad de tiempo en cada una de las instalaciones de servicio. El número obtenido se toma como el indicador del número de instalaciones de servicio necesarias. Este principio lo examinaremos con unos ejemplos para some-

terlo después al análisis lógico con el fin de determinar si verdaderamente refleja el carácter específico de la formación de las colas y el curso real del proceso, y sirve a los fines de los cálculos necesarios relacionados con la capacidad de flujo de los sistemas de servicio masivo.

Ilustraremos esta idea general con la fórmula para el cálculo del número necesario de muelles en un puerto a fin de cumplir el plan de manipulación de las llamadas cargas generales, con exclusión de las cargas líquidas y a granel: petróleo, arena, etcétera.

Imaginemos que el volumen de carga en un puerto es igual a P toneladas por año, y el tonelaje medio de los barcos utilizados en ese puerto es igual a p toneladas. Entonces, para calcular el número de muelles necesarios se hará lo siguiente. Ante todo, para poder enfrentar el plan de cargas, el puerto deberá recibir durante el año, como promedio P/p buques. Si para la manipulación del barco —es decir, los trabajos de carga y descarga— se requieren t días como promedio, el puerto debe asegurar durante el año muelles durante P/p días. Por último, si el puerto trabaja T días durante el año, en el mismo deberán encontrarse diariamente, como promedio, Pt/pT buques. Por tanto, para asegurar el cumplimiento del plan en el puerto deberá haber

$$n = Pt/pT \qquad \text{Fórmula (1)}$$

Por ejemplo, si $P = 2\,000\,000$, $p = 5\,000$, $t = 5$ y $T = 250$, según las consideraciones anteriores, son suficientes 8 muelles en el puerto.

El razonamiento anterior es típico y se utiliza constantemente en distintos tipos de cálculos para hallar el número necesario de unidades de servicio o, lo que es lo mismo, al hallar la capacidad de flujo del sistema de servicios. De forma aproximadamente igual se calcula el número necesario de receptores de grano en un silo o el número de ambulancias en un servicio de emergencia, el número de camas en un hospital o el de distribuidores del instrumental en un taller. Si en un taller trabajan n obreros y cada uno de ellos, durante un turno de trabajo, solicita un nuevo instrumento, k veces como promedio y en cada entrega se consumen como promedio t unidades de tiempo, durante un turno, para entregar los instrumentos a los obreros se consumirán nkt unidades de tiempo. Si la duración del turno es de T unidades de tiempo, conforme

a los razonamientos anteriores, el taller necesitará nkt/T distribuidores de instrumental.

Examinemos ahora qué principios han sido introducidos en la base del resultado de la fórmula (1) y si concuerdan con la situación real en el puerto o en cualquier otro punto de prestación de un servicio.

La consideración, premisa principal situada en la base de todos los razonamientos anteriores, tiene la siguiente forma: tan pronto como finalizan los trabajos de carga y descarga de un buque y éste se aleja del muelle, inmediatamente atraca al muelle otro buque y comienza los trabajos. Pero para que esto sea así, en todo momento en el puerto debe haber un "siguiente" buque o en el momento de finalizar el trabajo en cada buque debe arribar otro proveniente de su itinerario habitual. En el primer caso, en el puerto debe existir casi permanentemente una cola de buques, y en el segundo, para el movimiento de los mismos debe confeccionarse, muy escrupulosamente, un plan ideal. El primer caso puede ser denominado con bastante precisión "planificación de las colas", y el segundo, "un caso de concordancia ideal entre el movimiento de los buques y el trabajo del puerto".

Veamos cómo suceden las cosas en realidad.

Ante todo, resulta que los buques de carga de travesía larga carecen de un horario exacto según el cual el buque arriba al puerto de destino en a horas b minutos. Al planificar el movimiento de los buques se señala un intervalo de tiempo bastante grande, durante el cual se planifica el arribo del buque en cuestión al puerto destinado. Este intervalo alcanza con frecuencia 15 días, y a veces ocurre que el momento de arribo está muy lejos de los límites de este intervalo. La causa de semejantes desviaciones del gráfico de movimiento estriba en que el buque puede demorarse en el puerto de salida debido a la existencia de una larga cola para procesarlo, al carácter del empaque de la carga, a la ausencia de carga en el puerto; durante la travesía puede encontrarse con tormentas o vientos en contra, sufrir roturas de los mecanismos o recibir órdenes radiotelegráficas de tocar un puerto no contemplado antes, en busca de carga, etcétera. Numerosas observaciones del movimiento de los barcos de carga, realizadas tanto en la Unión Soviética, en Cuba, como en el extranjero, demuestran convincentemente que su arribo al puerto de destino no está sometido a un horario riguroso, sino a otras leyes. Ante todo, los intervalos entre los arribos consecutivos constituyen magni-

tudes casuales, cuya distribución puede considerarse sólo con gran aproximación. En otras palabras, si designamos mediante ξ la duración del intervalo de tiempo de que acabamos de hablar, entonces

$$\mathbb{P}\{\xi < x \simeq 1 - e^{-\lambda x}$$

donde $\lambda > O$ es la constante positiva. Éste es el resultado que habría que esperar según el resultado mostrado por Jinchin.

De lo dicho debemos llegar a una importante conclusión: el enfoque aritmético antes expuesto del cálculo de la capacidad de flujo de los puertos marítimos de carga conduce inevitablemente al aumento de los tiempos improductivos en los puertos, debido a que ese enfoque no tiene en cuenta las leyes reales del movimiento de los barcos. Hemos podido conocer las siguientes cifras: la circulación de cargas de los puertos aumentó en un 25 % y según la fórmula (1) los puertos todavía se las arreglaban con las cargas, pero en este caso, el tiempo improductivo de los barcos que esperaban en los puertos la liberación de los muelles creció hasta un 400 % con respecto al inicial.

La formación de colas está íntimamente ligada a la existencia de un gran número de unidades serviciadas. Mientras entre los puertos navegue un solo barco no puede hablarse de formación de colas para carga y descarga. Las colas comienzan a formarse en el momento en que existe un gran número de buques, se produce un crecimiento intensivo de la circulación de cargas y, en consecuencia, de las flotas. Ésta es la situación que observamos en nuestros países: la flota de carga crece intensivamente, mientras que las transportaciones interiores y exteriores se desarrollan y aumentan. Los viejos métodos de cálculo de los sistemas de servicios entran en contradicción con el transcurso real del proceso, y como resultado de ello deben ser rechazados para encontrar otros nuevos que reflejen el cuadro del fenómeno. Los viejos métodos de cálculo de la capacidad de flujo en el puerto eran buenos cuando la carga de los puertos no era muy grande y había que comparar los gastos para la construcción y mantenimiento de los muelles de un puerto con los gastos relativamente pequeños por pago de estadía. La situación cambió cuando la flota creció cuantitativamente y los gastos por estadía superaron en gran medida a los de construcción y mantenimiento de instalaciones

portuarias. La modificación radical de la situación no podía ser abarcada por los marcos de la vieja teoría, y fue necesario un enfoque totalmente nuevo que tuviera en cuenta lo específicamente nuevo del fenómeno. Esta especificidad consiste en la presencia de una casualidad doble: la de los momentos de arribo de los buques y la dispersión casual de la prolongación de los trabajos de carga y descarga.

Este mismo cuadro se puede observar en muchas otras situaciones: durante la organización de los trabajos de un punto de asistencia médica de emergencia, de aeropuertos, hospitales, sistemas de información, etcétera. Los fines de la TSM consisten en impedir que ocurran casos como éste: es la época de la recogida de trigo; de tiempo en tiempo a la combinada llega un camión para recibir la carga de los depósitos de aquélla. Pero en los momentos necesarios no hay camiones, debido a que se demoran en la cola de descarga al silo. El silo tampoco puede arreglárselas con el flujo de camiones, ya que los trabajadores que comprueban la humedad y calidad del trigo no logran dar servicio a la cola formada. Durante este tiempo, o bien las combinadas no trabajan o, para evitar esta situación, depositan el grano en la tierra. En ambos casos la sociedad sufre pérdidas irreparables.

Es bien conocido que hay momentos en que la humanidad tropieza con nuevos fenómenos y trata de enfocarlos inicialmente desde posiciones tradicionales; con frecuencia, en una primera aproximación, estos métodos resuelven satisfactoriamente el problema. Sin embargo, un estudio más cuidadoso del fenómeno, o la modificación de las condiciones en las cuales transcurre el mismo, hace que la descripción primitiva y la teoría fundada sobre su base no estén ya en condiciones de reflejar correctamente los procesos que tienen lugar, por lo que la teoría deberá ser sustituida por otra nueva.

Es precisamente este proceso el que observamos en la teoría del servicio masivo. Inicialmente, se trató de estudiar los fenómenos correspondientes mediante métodos aritméticos, y éstos resultaron tan útiles que todavía se trata de utilizarlos en la actualidad. Sin embargo, en la telefonía, ya a principios de nuestro siglo, se detectó la falta de correspondencia entre el fenómeno y su descripción matemática. Como resultado de ello, Erlang comenzó la búsqueda de una nueva descripción matemática de los procesos de trabajo de una estación telefónica para dar servicio a sus abonados. Más tarde resultó que las ideas de Erlang tenían valor en campos muy distantes

de los de la comunicación telefónica. Y junto con la ampliación del círculo de aplicaciones creció inconmensurablemente el círculo de problemas matemáticos surgidos.

Es muy importante el resultado general referente a la formación de colas y a su crecimiento, el cual formularemos ahora. Inicialmente introduciremos el concepto de carga del sistema. Supongamos que en una unidad de tiempo al sistema llegan, como promedio, λ solicitudes de servicio, y que cada uno de los instrumentos —cada uno de los cuales realiza un trabajo de un mismo tipo— es capaz de dar servicio, durante ese mismo período y mediante un trabajo continuo, a ν solicitudes. Supongamos que en el sistema existen n instrumentos semejantes. Entonces la relación $\rho = \lambda/n\nu$ se denominará carga del sistema de servicio.

Es evidente, aun sin razonamientos adicionales, que cuando $\rho > 1$, el sistema está sobrecargado, por lo que no podrá hacer frente al volumen de trabajo que se le ha asignado. Sin embargo, sucede que tiene lugar una afirmación mucho más fuerte: si $\rho = 1$, entonces la longitud de la cola de solicitudes de servicio —y, junto con ella, la prolongación de la espera del comienzo del servicio— habrá de crecer ilimitadamente junto con el tiempo de trabajo del sistema de servicio. La única posibilidad de excepción a esta regla general se produce sólo cuando los intervalos entre los arribos de las solicitudes están rigurosamente fijados y las prolongaciones de los servicios son iguales a las duraciones de estos intervalos.

Es muy importante observar que cuando $\rho < 1$, la duración media de la espera del comienzo del servicio —así como la longitud media de la cola para recibir el servicio— resulta proporcional a la magnitud $(1 - \rho)^{-1}$. Este último resultado muestra que a medida que ρ crece hasta 1, la longitud de la cola comienza a crecer apresuradamente, y junto con este crecimiento aumentan los gastos económicos relacionados con ella. Los métodos habituales para el cálculo de los sistemas de servicios masivos aspiran justamente a un valor de ρ cercano a 1.

No se puede exigir que en los puntos de servicios no existan colas, ya que siempre pueden producirse situaciones en las que el número de solicitudes de servicio supera al número de instalaciones para brindarlo. Cada uno de nosotros se ha visto en la situación de que en la barbería existe una pequeña cola para pelarse. Estas colas son aceptables, pues no son frecuentes y no se convierten en sistema. Para decirlo teóricamente,

la garantía completa contra la aparición de aunque sólo sea una pequeña cola, únicamente puede ofrecerla un número muy grande de instalaciones de servicio, lo que eleva considerablemente su cantidad necesaria y económicamente justificada. Por ejemplo, si en una estación de compresores de una gran conductora de gas existen 20 compresores y cada uno de ellos, con una probabilidad determinada, puede romperse durante un turno, es posible que todos esos compresores se encuentren simultáneamente averiados. Por consiguiente, se necesitarán simultáneamente brigadas de reparación para todos los compresores. Pero, ¿es acaso racional matener en cada turno 20 brigadas de reparaciones? ¿No sucederá entonces, como regla general, que esas brigadas tendrán que esperar hasta que haya necesidad de ellas?

En la actualidad, la sociedad no sólo está interesada en eliminar los daños que producen las colas, sino en que al hacerlo no se altere la racionalidad económica. Es evidente que en muchos casos a la sociedad le resulta natural la siguiente solución: el contenido de cada instalación de servicios no solamente exige inversiones, sino gastos para asegurar su capacidad de trabajo, al tiempo que la espera por las solicitudes del comienzo del servicio conduce a pérdidas. Por tal razón, es aconsejable elegir aquel número de unidades de servicio con el cual los gastos sumarios medios del sistema de servicios y las solicitudes de servicio demoradas por unidad de tiempo resulten mínimos. Lamentablemente, este principio de los gastos mínimos de la sociedad se utiliza todavía muy esporádicamente, y en la mayoría absoluta de los casos, al proyectar sistemas de servicios masivos, no se calculan las pérdidas que sufren la sociedad y sus miembros por el mal trabajo de aquéllos o por su insuficiente capacidad.

Servicio con limitaciones

Con respecto a lo expuesto en la sección anterior se puede formular la siguiente idea: en realidad no existen colas con un tiempo ilimitado de estancia en ella, aunque sólo sea por el hecho de que en la naturaleza no hay nada eterno. Sin embargo, toda teoría solamente refleja de forma aproximada el transcurso verdadero de los procesos reales. Su valor es juzgado a partir del grado de coincidencia entre sus conclusiones y la práctica. Así resultó que en una serie de casos, por ejemplo, redes telefónicas, organización del trabajo de los puertos

marítimos y fluviales, etcétera, las premisas situadas en el fundamento de la teoría de los sistemas con colas condujeron a conclusiones prácticas positivas que describieron satisfactoriamente los sistemas reales. No obstante, en algunos casos estas premisas son demasiado burdas, debido a que, en esencia, la solicitud que llega al sistema no puede permanecer en él ilimitadamente. Tal es la situación que se produce en los sistemas informativos cuando la información que es retenida demasiado tiempo pierde su valor y debe ser procesada de nuevo. De la misma forma, la persona que sufre un accidente tiene que ser hospitalizada rápidamente, pues de otra manera no será necesaria la atención médica. El fuego que comenzó a humear con mucha tardanza exige mayor tiempo para ser apagado. En caso de que la demora sea muy grande, la necesidad del servicio de bomberos estará de más. Por estas razones, en los últimos tiempos la TSM se ha visto enriquecida con nuevas formulaciones de las tareas, en las cuales el sistema clásico con cola sufrió diferentes modificaciones. La práctica, fuente principal del planteamiento de nuevos problemas, les dio vida.

Se examinaron los problemas del servicio en presencia de un número finito de puestos de espera, en condiciones en que la duración de la espera del comienzo del servicio está limitada por un cierto número, o por una magnitud casual, y limitado también el tiempo de estancia en el sistema de servicio. En este último caso, la solicitud puede salir del sistema de servicio no sólo durante el período de espera, sino también mientras es serviciada. Todos estos sistemas con limitaciones tuvieron como fuente las exigencias urgentes de la práctica social: servicios médicos, producción industrial, transporte, etcétera.

Se desprende de por sí que para un sistema con limitaciones hay que utilizar otro conjunto de características que ofrezcan una representación de la efectividad del sistema de servicios distinta a la del sistema con cola y pérdidas. Por ejemplo, si se trata de un sistema con un tiempo limitado de espera, puede que nos interesen las siguientes magnitudes: 1) probabilidad de que la solicitud no llegue al comienzo del servicio; 2) duración media de la espera del comienzo del servicio. Por supuesto, son posibles otras características interesantes: distribución de la longitud de la cola; número medio de solicitudes que son rechazadas durante una unidad de tiempo; distribución de la duración de la espera, y otras. Debemos señalar que puede necesitarse otro conjunto de características útiles

para otros tipos de limitaciones. En particular, para sistemas con tiempo limitado de estancia, las dos características resultan insuficientes, pues es posible el caso en que una solicitud haya esperado hasta el comienzo del servicio, pero abandonó el sistema sin recibirlo del todo, una vez transcurrido el tiempo admisible de estancia. Entre la multitud de posibles características de este acontecimiento —abandono del sistema de servicio antes de terminar éste— debe atribuírsele gran importancia a la probabilidad de la pérdida de solicitudes no serviciadas.

Los sistemas con tiempo limitado de estancia, en los cuales es muy grande la posibilidad de pérdida de las solicitudes que han sido satisfechas de forma incompleta, o con un tiempo medio muy grande de espera de comienzo del servicio, deben atraer la atención de los organizadores de la producción y de los investigadores. Estas características muestran que el sistema de servicios ha sido mal proyectado y exige que se incremente su capacidad de flujo mediante el aumento del número de instalaciones, o bien con el aumento de la velocidad del servicio. Por ejemplo, si para la transportación de cargas de fácil descomposición la espera de los medios de transporte es tan grande que un por ciento considerable de las cargas no puede ser utilizado o arriba en mal estado para su transportación, ello significa que la organización de los servicios de transporte es mala y debe ser modificada de inmediato. De la misma forma, si en un sistema de trasmisión de información, por ejemplo, una décima parte de los mensajes trasmitidos resulta obsoleta por la espera, el sistema tiene que ser reconstruido. Pero para no hacerlo "a ojo de buen cubero", sino conociendo con precisión cómo hay que instalar los medios complementarios de recepción, trasmisión y procesamiento de información, es necesario elaborar primeramente un sistema de las características que determinan la efectividad del funcionamiento del sistema, así como la teoría del funcionamiento de ese tipo de sistema.

Lo dicho evidencia que los sistemas de conceptos científicos no surgen arbitrariamente, sino en estrecho vínculo con las necesidades de la práctica. Esta ilustración complementaria es uno de los postulados fundamentales del materialismo dialéctico. Una observación tan elemental e incluso algo primitiva parecería innecesaria, a no ser porque entre los representantes de la ciencia matemática están muy difundidas las

ideas acerca de la creatividad libre, independiente de la práctica, de los conceptos de la matemática moderna.

En los ejemplos que hemos mostrado de sistemas de servicios con limitaciones entran, en calidad de casos particulares, los sistemas, ya clásicos hoy, con espera y pérdidas, los cuales ya hemos tratado. Inicialmente, el sistema con pérdidas fue estudiado por Erlang a partir de premisas muy simples: el flujo de entrada homogéneo de Poisson y la duración del servicio con una distribución demostrativa. En estas condiciones la tarea se resuelve muy fácilmente, debido a que el estado del sistema —en este caso el número de instalaciones de servicio ocupados en un momento dado— determina completamente la probabilidad de los estados en los momentos siguientes. Es interesante observar que las fórmulas de Erlang resultaron un instrumento plenamente satisfactorio de investigación, incluso en el caso en que la hipótesis sobre la distribución de la duración del servicio se veía alterada. Surge entonces la pregunta: ¿cómo explicar esta universalidad de la acción de las fórmulas de Erlang, por una coincidencia casual o por la existencia de una ley general?

El propio Erlang intuyó que se encontraba en el umbral de un descubrimiento muy general. Y supuso que debía producirse el siguiente resultado: supongamos que el flujo de entrada de las solicitudes es el flujo homogéneo de Poisson, determinado por el parámetro λ. Supongamos que $G\ (x)$ es la función de distribución de la duración del servicio, para la cual el valor es finito e igual a $\frac{1}{\nu} : \frac{1}{\nu} = \int_{-0}^{\infty} x d\ G\ (x)$.

Entonces, si el tiempo t de trabajo del sistema de servicio con pérdidas (con n instrumentos de servicio) se aproxima al infinito, la probabilidad $P_k\ (t)$ de que en el momento t el número de instrumentos ocupados en el servicio sea igual a k se aproximará a un límite que depende de $P = \lambda/\nu!$, pero no depende de la propia distribución $G\ (x)$. Ese límite es igual a:

$$P_k \frac{\left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^{k/k!}}{\sum_{i=0}^{n} \left(\frac{\lambda}{\nu}\right)^{i/i!}} \quad k = 0, 1, 2 \ldots n$$

La magnitud p significa la posibilidad de que todos los instrumentos del sistema estén ocupados en dar servicio a viejas solicitudes y, por consiguiente, las nuevas solicitudes se perderán. Por tal razón, P_n se considera como la probabilidad del rechazo.

La fórmula anterior fue demostrada por Erlang, aunque sólo para los casos donde $\underline{G}(\underline{x}) = \underline{1} - \underline{e}^{-\sqrt{x}}$ Este caso es muy sencillo para la investigación en virtud de una propiedad de la distribución exponencial: si la duración del servicio está distribuida exponencialmente con un cierto parámetro λ entonces para cualquier número positivo a tiene lugar lo siguiente: si el servicio dura ya un tiempo a, la parte restante tiene la misma distribución que existía en el momento inicial del servicio. En esta distribución se produce una especie de olvido total del trabajo ya realizado. En la realidad las cosas no son así, y la distribución de la duración de la parte restante del trabajo depende esencialmente del tiempo de servicio transcurrido.

Un paso fundamental en la demostración de la hipótesis de Erlang fue el dado en el año 1943 por el investigador francés R. Forte. Más tarde, en 1957, B. A. Sevastianov logró señalar el camino de la demostración completa de esta formulación. No obstante, para llevar las ideas de Sevastianov hasta una rigurosidad exhaustiva fue necesaria la utilización de la teoría de las soluciones generalizadas de los sistemas de ecuaciones integral-diferenciales.

Algunos años después, A. A. Shajbazov, a proposición de B. V. Gnedenko, generalizó aún más el teorema de Sevastianov. Resultó que si en el sistema de servicio los instrumentos poseen diferentes distribuciones de la duración del servicio $G_1(x)$, $G_2(x) \ldots G_n(x)$, entonces las probabilidades limitantes P_k existirán y dependerán sólo de la magnitud $\gamma_j^{-1} = \int_0^\infty x\, d\, G_j(x)$ $(j = 1, \ldots, h)$, pero no de las propias distribuciones $G_j(x)$. En particular, si en este este caso en condiciones de todas las j tienen lugar las igualdades $\gamma_j = \gamma$, entonces p_k se calculará por las fórmulas de Erlang.

Los resultados señalados no sólo tienen un interés teórico, sino que son de gran importancia práctica. En realidad, como regla general, no conocemos las distribuciones de la duración del servicio y solamente podemos valorarlas de manera aproximada por los resultados de las observaciones. Sin embargo, en el período de elaboración de los sistemas de servicios masivos puede darse el caso de que carezcamos de estas observaciones y de que en muchos casos simplemente no existan. Es aquí cuando las leyes generales resultan imprescindibles. Los resultados de Forte, Sevastianov y Shajbazov permiten realizar los cálculos necesarios sin que se conozcan previamente las distribuciones de la duración del servicio.

Sobre algunas tareas no resueltas de la TSM

Es bien conocido que una teoría tiene vida sólo cuando aspira a seguir desarrollándose, cuando tiene ante sí un gran número de problemas no resueltos y está estrechamente relacionada con la solución de problemas actuales. Si todos sus méritos se remiten al pasado, la teoría en cuestión, en el mejor de los casos, tendrá interés como objeto de estudio. Tal es la situación, hoy, de la geometría analítica, la trigonometría, el álgebra elemental, etcétera. El desarrollo científico de estas disciplinas no existe ya, y las mismas carecen de interés para los investigadores. Esto no significa que no haya que estudiarlas pues los elementos de la geometría analítica son necesarios para resolver problemas actuales de la ciencia. La ciencia atrae las fuerzas frescas de los investigadores en tanto surgen en ella nuevos problemas, mientras tienen tareas sin resolver. En la actualidad, la TSM se encuentra precisamente en esta situación, pues posee una inmensa reserva de problemas no resueltos, relacionados tanto con el desarrollo de la teoría, como con tareas directamente vinculadas a la práctica social. Vamos a señalar algunos grupos de problemas nuevos, entre ellos los que tienen una importancia de principio.

Hasta los últimos tiempos, en la TSM, en esencia, todos los esfuerzos de los investigadores estuvieron dirigidos a la solución de dos cuestiones fundamentales: el conocimiento de la estructura del flujo de entrada de solicitudes, y el estudio del proceso de servicio en condiciones de un esquema de servicio dado, de un flujo de entrada y de una distribución de la duración del servicio.

Durante los últimos años se ha demostrado que, tanto más avanza la investigación de estos problemas, más necesario se hace el perfeccionamiento de las soluciones y conclusiones teóricas elaboradas en los marcos de las dos direcciones antes señaladas. Hoy, como en el pasado, las necesidades prácticas empujan incesantemente a la teoría hacia un ulterior perfeccionamiento y hacia la formulación de nuevos problemas.

Como ya hemos señalado en los sistemas reales de servicio, la intensidad del arribo de solicitudes depende considerablemente de la hora del día. La carga de la red telefónica disminuye claramente durante la noche. La cantidad de llamadas a los puntos de emergencia médica son mucho menores durante el día que durante la tarde y la noche —varias veces menor—. El mismo cuadro puede observarse en los sistemas de información, en el transporte urbano, etcétera. ¿Cómo se manifiesta esta circunstancia en la calidad del trabajo de los sistemas de servicios masivos? ¿No es posible utilizar este hecho para la dirección racional del funcionamiento de estos sistemas? Es posible pensar que estas cuestiones pudieron haberse planteado antes, aunque sea por el hecho de que en los sistemas telefónicos el flujo de llamadas de los abonados depende básicamente de la hora. ¿Cuál es la razón de que no lo fueran? La respuesta parece ser la siguiente: una red telefónica y el complicado equipo de conmutación exige un gran tiempo de instalación, por lo que deben estar diseñados para la carga máxima posible. Estos equipos no pueden ser cambiados en la medida de lo necesario. En muchos sistemas modernos de servicio, los cálculos de la carga pueden realizarse con mucha facilidad, digamos, por medio de la conexión o desconexión de los instrumentos de servicio o de la modificación de la intensidad del servicio. En nuestros días estas tareas resultan naturales y actuales. Y, como se sabe, las necesidades prácticas estimulan con mucha fuerza el desarrollo de la teoría hacia la búsqueda de caminos para su perfeccionamiento.

La dirección del funcionamiento de un sistema de servicio masivo no sólo se logra por medio de la modificación del número de instrumentos en acción, sino también modificando la intensidad del servicio en cada uno de los instrumentos que forman el sistema. Si disponemos o podemos obtener información sobre la intensidad del flujo de entrada para modificar al instante la intensidad del servicio, podríamos considerar que la dirección es ideal. Para la dirección ideal del proceso de servicio se han obtenido en los últimos años los primeros resul-

tados positivos. Gran interés ofrece la dirección con demora, o sea, cuando para evaluar la intensidad del flujo de entrada se requiere cierto tiempo. No obstante, aquí no se han logrado resultados evidentes.

En la práctica, la intensidad del flujo de entrada, con frecuencia, depende periódicamente del tiempo. Por tal razón tienen especial interés para la teoría y la práctica las tareas en las cuales hay que estudiar los flujos periódicos y la intensidad del servicio que se modifica periódicamente. En los últimos años este caso ha atraído la atención de los investigadores. Entre la multitud de tareas surgidas, nos detendremos en una que se ha planteado en relación con ciertos problemas económicos y de ingeniería. Supongamos que en un sistema de servicio entra un flujo con intensidad periódica. A veces al sistema se le plantea la tarea de calcular, a partir del momento en que arriba a él un flujo con intensidad constante igual a la media, su valor para el período, es decir, con una intensidad $\lambda = \frac{1}{T} \int_0^T \lambda(t)\, dt$, donde T = período. ¿Es admisible semejante enfoque? Hace poco, dos participantes en el seminario dirigido por B. V. Gnedenko demostraron el siguiente teorema: en un sistema con pérdidas existe un instrumento de servicios. Examinemos dos sistemas paralelos de servicio: uno con un flujo periódico de solicitudes y una intensidad $\lambda(t)$, y otro con una intensidad constante λ (igual al valor medio de la intensidad durante el período). Ambos sistemas tienen la misma intensidad de servicio (constante). ¿En cuál de ellos es mayor el número medio de pérdida durante el período? Resulta que esta magnitud será mayor en el primer sistema. Pero, ¿cómo será el comportamiento de un sistema con espera; de sistemas con pérdidas pero con varios instrumentos? Todavía estas y muchas otras cuestiones carecen de respuesta.

El segundo ciclo de problemas, extenso e importante, está relacionado con el estudio de la estabilidad (continuidad) de la solución de las tareas de la teoría del servicio masivo. Para aclarar el sentido de esta tarea y su significado vamos a examinar un problema concreto. Supongamos que nos interesa la solución de una tarea sobre la duración de la espera del comienzo del servicio en un sistema con espera. Al sistema llega un flujo de restablecimiento; los intervalos de tiempo entre las llegadas consecutivas de las solicitudes son

magnitudes casuales independientes con una misma distribución de probabilidades $F(x)$. La duración del servicio es una magnitud casual con una distribución $G(x)$. En las tareas reales, por regla general, no conocemos con precisión estas distribuciones. Las valoramos por los resultados de las observaciones, sobre la base de consideraciones generales, etcétera. Como resultado de ello, en lugar de las distribuciones reales $F(x)$ y $G(x)$ resolvemos la tarea que nos interesa en condiciones de distribuciones $F^*(x)$ y $G^*(x)$, las que, en cierto sentido, se "acercan más" a las verdaderas. La característica de la efectividad del trabajo del sistema constituye, o bien un número, o bien una función, las cuales dependen de las distribuciones iniciales: están determinadas por ellas. Supongamos que nos interesa un determinado número, por ejemplo: longitud media de una cola, duración medida de la espera, es decir, la función $a = A(F(x), G(x))$.

Entonces, si los pares de funciones $(F(x), G(x))$ y $F^*(x)$, $G^*(x)$ en cierto sentido son cercanos entre sí (por ejemplo), se cumplen las desigualdades $[F(x) - F^*(x)] < \varepsilon$, y $[G(x) - G^*(x)] < \varepsilon$, para una ε positiva (suficientemente pequeña), ¿podría considerarse que estarán cercanas las correspondientes soluciones a ellas a y a^*?

Se puede mostrar con ejemplos prácticamente interesantes y básicos que resultan posibles aquellos casos en que los pares de funciones iniciales de distribución son cercanos, mientras que las soluciones están muy alejadas entre sí. Surge la tarea responsable y amplia de estudiar las condiciones de la estabilidad de las soluciones. Inicialmente, esta tarea fue propuesta por el autor de este capítulo hace unos ocho años. En la actualidad existen numerosas formas de abordar su solución. Deseamos consignar los éxitos de investigadores como A. A. Brovkov (Novosibirsk), V. V. Kalashnikov (Moscú), D. Stoian (RDA) y Kennedy (Inglaterra).

Hay que señalar que los problemas de la continuidad de las decisiones están muy relacionados con la modelación de la TSM en computadoras. En la modelación, es inevitable que las distribuciones iniciales se aproximen a las cercanas a ellas y, como resultado de esto, es posible alejarse de una solución verdadera.

El tercer grupo de tareas, que hasta el momento ha recibido injustificadamente poca atención, está relacionado con los aspectos económicos de la TSM. Cada unidad de servicio necesita ciertos medios, al tiempo que cada pérdida de

una solicitud, cada unidad de tiempo de estancia de la solicitud en la cola, causa un daño económico. Surge entonces la idea de que cada tarea de la TSM es al mismo tiempo una tarea económica. Sin duda, esta dirección de las investigaciones merece que se le asignen más fuerzas y tiempo. Ello se compensará, aunque sólo sea por un considerable enriquecimiento de los planteamientos de las tareas y por la necesidad de incorporar nuevos métodos de investigación a la TSM.

Ponemos fin al breve recuento de las tareas de esta nueva disciplina científica y sus vínculos con la práctica; disciplina surgida de las necesidades de la propia práctica y que conserva estrechas relaciones con ella. Se debe señalar que la construcción de la teoría matemática de cualquier grupo de fenómenos significa mucho más que la simple descripción mediante un lenguaje matemático, de los acontecimientos observados. La construcción de una teoría implica la necesidad de crear nuevos conceptos y conduce a la conclusión de que para valorar es necesario observar y medir la correspondencia de la teoría del fenómeno con el fenómeno mismo. Al mismo tiempo, la teoría conduce inevitablemente a la reorganización de nuestra conciencia y de nuestra actitud hacia la comprensión de las características fundamentales de estos fenómenos, así como hacia el modo de describirlos. Como resultado de todo ello, la teoría ejerce una influencia decisiva sobre la dirección de las búsquedas empíricas, las cuales son inseparables de las ideas y los resultados de la teoría matemática. Ésta permite descubrir muchos fenómenos antes que sean observados, y de esta forma provoca búsquedas empíricas. La TSM constituye un brillante ejemplo de este proceso.

5. LOS MÉTODOS DEL RECONOCIMIENTO AUTOMÁTICO DE IMÁGENES

El status científico general de los métodos de reconocimiento

Los métodos y sistemas de reconocimiento automático, que se han elaborado en el transcurso de veinte años, se integraron en una sección especial de la cibernética técnica y teórica. Estas investigaciones reavivaron el interés de los científicos hacia el estudio de los procesos de reconocimiento y de su

lugar en el sistema de actividad cognoscitiva. Se reveló también la tendencia científica general de los métodos de reconocimiento de imágenes.

Examinaremos las premisas objetivas de la tendencia científica general, así como las aplicaciones existentes de los métodos de reconocimiento.

El mundo exterior se presenta ante nosotros como una multidiversidad de objetos individualmente diferenciables, agrupados en clases que pertenecen a uno u otro nivel de organización de la materia. Ello se refleja en las propiedades y relaciones de identidad y diferencia de los objetos; en el plano gnoseológico, a ellas corresponden las operaciones lógico-gnoseológicas de identificación y diferenciación, generalización y limitación. Estas operaciones yacen en la base de los procesos de reconocimiento, que incluyen: la definición de la pertenencia de objetos individuales a una u otra clase, la división del conjunto de objetos en clases y el hallazgo de los rasgos informativos para semejante división.

Los procesos de reconocimiento realizados con ayuda de las operaciones mencionadas son inherentes, tanto al nivel empírico de conocimiento, como al teórico. La diferencia estriba en que, en el primer caso, los rasgos empíricos de objetos y clases constituyen los elementos del reconocimiento, y en el segundo, los rasgos sustanciales, relacionados con la distinción de clases que corresponden en mayor medida a la naturaleza de los objetos. Pero, como veremos más adelante, las elaboraciones actuales de los métodos y la teoría del reconocimiento corresponden al nivel empírico del conocimiento.

Los procesos de reconocimiento tienen lugar en los distintos sistemas naturales y artificiales de procesamiento de información. El reconocimiento en los sistema vivos se estudia, desde distintos ángulos, por la psicología, la psicofisiología y la anatomía del sistema nervioso superior. El funcionamiento de los sistemas técnicos de reconocimiento se basa en otros principios y esquemas, diferentes a los de los sistemas vivos. Lo común entre ellos consiste en que todos realizan, aunque de manera diferente, la operaciones lógico-gnoseológicas de identificación y diferenciación, generalización y limitación. En resumen, al tiempo que se encuentran íntimamente vinculada con la gnoseología, la teoría del reconocimiento automático es una teoría técnica cibernético-matemática. Pero con lo señalado no agotamos su especificidad.

Una importante particularidad de la teoría del reconocimiento y sus métodos consiste en su *status* científico general, que corresponde al aspecto gnoseológico y no ontológico. Esto implica que los principales conceptos, métodos y algoritmos de la teoría del reconocimiento automático, no caracterizan al mundo exterior, sino a un determinado grupo de procesos cognoscitivos y, en principio, son aplicables a cualquier campo del conocimiento, en cualquier ciencia.

El proceso de ampliación de las aplicaciones de los métodos de reconocimiento abarcó nuevos campos de la ciencia y la técnica. Veamos qué provocó la aparición de los métodos y sistemas técnicos de reconocimiento automático y cuáles son las aplicaciones que tienen en estos momentos.

Las elaboraciones iniciales de los métodos y sistemas de reconocimiento fueron estimuladas, ante todo, por las necesidades de la técnica moderna de computación, en particular, por la modelación técnica de las funciones sensoriales del hombre y las operaciones rutinarias para la confección de programas para computadoras. La preparación e introducción de datos iniciales en las computadoras y equipos de modelación y la extracción de sus resultados con ayuda de los órganos sensoriales del hombre, exigen una cantidad mucho mayor de tiempo si la comparamos con el tiempo de procesamiento de información en una computadora. Y ello dificulta muchos procesos de automatización de cuentas y cálculos, la transformación de los modelos simbólicos, etcétera. La introducción y extracción directas de datos con ayuda de equipos automáticos es la principal tarea compleja que resuelven los distintos métodos y equipos de reconocimiento. Los lectores y clasificadores automáticos fueron la respuesta a estas exigencias.

Es difícil enumerar todos los métodos de reconocimiento automático y sus realizaciones técnicas. Indicaremos los métodos y equipos más difundidos aplicados a cuatro campos de reconocimiento, los cuales se diferencian por los objetos y procesos de reconocimiento.

El primer campo incluye el reconocimiento de objetos relativamente simples: de signos normalizados (letras, cifras, símbolos de notación y otros), así como sus combinaciones. En este caso, los métodos más típicos son: el método de las sondas, de los fragmentos, el cuasitopológico, el de máscaras ópticas, de matrices, correlativos y holográficos, así como sus combinaciones, es decir, aquellos que sintetizan varios de los métodos enumerados (estos métodos se explican minuciosa-

mente en el libro de Chibanov,[95] donde aparecen las patentes de equipos de distintos países). Los métodos de lectura, reconocimiento y análisis automático de información simbólica son muy importantes, y cada año aumenta el círculo de sus aplicaciones. Ante todo, la efectiva utilización de las computadoras en el conjunto de los equipos automáticos de lectura depende de la solución del problema de la lectura, el reconocimiento y la introducción directas en la computadora, sin trabajo manual de los operadores, de información en cifras y letras con ayuda de los equipos de lectura. En Estados Unidos hay en explotación más de 300 tipos de estos equipos. En la Unión Soviética merecen atención los equipos ópticos de lectura[96] que han pasado por pruebas prolongadas, como el RUTA-701, el RUTA-711, VINITI-2, SEVER-2, CHARS,[97] y muchos otros. Con ayuda de semejantes autómatas es posible la lectura directa, el reconocimiento y la introducción de información en la computadora a partir de documentos primarios impresos: cheques, cuentas, matrices de pasajes de avión, tarjetas de cuentas y bibliográficas, facturas, solicitudes, instrucciones, etcétera. Los equipos de lectura se utilizan exitosamente en el campo de las comunicaciones —clasificación de correspondencia—, el comercio, la hidrología, la hidrometeorología, en los sistemas de planificación de redes y dirección, en el transporte ferrocarrilero, en el campo de los servicios de informes y bibliográficos, etcétera.

El segundo campo agrupa los procesos de reconocimiento de imágenes complejas de contornos, semitonos y colores. Entre una multitud de métodos se distinguen aquellos que se basan en la separación consecuente y la codificación de contornos, los cuasitopológicos, los que utilizan proyecciones y la subsecuente desmembración de imágenes complejas en simples, los métodos de construcción de configuración complejas a partir de imágenes elementales y otros.

Estos métodos y sus correspondientes equipos comienzan a utilizarse en la dirección y el control visual del curso de procesos tecnológicos, por ejemplo: en metalurgia; en el reconocimiento y la observación de objetos móviles —aviones, cohetes, barcos, etcétera—. Existen trabajos para obtener información a partir de fotos de partículas elementales obtenidas en cámaras ópticas, de burbujas, etcétera, así como de radiaciones cósmicas.[98] En este caso, los acontecimientos (clases) se separan de cientos de miles de tomas. Se hacen trabajos de investigación de los recursos naturales, los cuales se

realizan por medio de la observación a distancia desde cohetes, satélites, estaciones cósmicas, y su clasificación posterior en computadoras.[99] Estas investigaciones incluyen distintas tareas aplicadas: reconocimiento del estado de los cultivos agrícolas por sus características espectrales, y control de su crecimiento; toma de decisiones sobre la aplicación de abonos, insecticidas; confección de gráficos para la recogida de las cosechas, y pronosticación de éstas. Los métodos señalados se aplican en el campo del Derecho —reconocimiento de personas por sus huellas digitales— y el diagnóstico médico: por las huellas de los dedos, las palmas de las manos y las plantas de los pies se diagnostican la leucemia, la esquizofrenia y otras enfermedades.

El tercer campo de elaboración de métodos y sistemas de reconocimiento abarca los procesos de lectura, codificación y
rección y controlar el comportamiento de objetos.
reconocimiento automático de gráficos —hasta gráficos cerrados, gráficos con nudos—, y también el reconocimiento paralelo de muchos canales y el análisis de sistemas de gráficos.[100] Las investigaciones modernas de este problema tratan con gráficos empíricos que representan las características dinámicas de procesos de dirección y control. Tenemos en cuenta, por ejemplo, los procesos en aparatos de vuelos modernos, en organismos vivos, sobre todo los que se producen en el sistema nervioso. Con ayuda de gráficos es muy cómodo expresar los resultados de ensayos de nuevas técnicas, dar programas de dirección y regímenes de prueba de sistemas de regulación automática, elaborar señales de mando de di-

A partir de los resultados del reconocimiento automático y de las anotaciones de las formas de las curvas de transformación de unos u otros parámetros en el tiempo y con ayuda de computadoras se puede diagnosticar el estado de objetos en la técnica, la metalurgia, la medicina. Tales son las investigaciones sobre reconocimiento y análisis de encefalogramas que fijan la actividad eléctrica del cerebro, las curvas de presión arterial, los electrocardiogramas.[101] Los métodos de reconocimiento permiten diagnosticar los estados del organismo y sus enfermedades,[102] pronosticar el desenvolvimiento de una enfermedad e incluso seleccionar los modos de su curación. Estas investigaciones se realizan en muchos países. Se realizan trabajos sobre diagnósticos y peritaje de escrituras, etcétera.

Un problema actual y poco elaborado, cuya solución ampliará la aplicación de los equipos de reconocimiento de cualquier campo de la actividad humana, es la lectura automática de textos manuscritos y su conversión en texto impreso.

Los procesos de reconocimiento de señales sonoras —y, en particular, habladas— constituyen un campo especial de reconocimiento. En la naturaleza orgánica e inorgánica, entre las señales acústicas se encuentran los ruidos creados por diferentes fenómenos —arroyos, saltos de agua, avalanchas, bosques—; en la técnica, los ruidos de las máquinas —turbinas, generadores— y sus productos —sonidos de recipientes.

La investigación de ruidos y vibraciones de máquinas constituye la base objetiva del diagnóstico técnico moderno, y la teoría del reconocimiento automático es un importante aparato matemático del diagnóstico. El reconocimiento y análisis de ruidos y vibraciones de máquinas no sólo tiene importancia para el diagnóstico y la pronosticación de averías, sino también para el control del estado corriente de los agregados.

El lugar particular de las investigaciones sobre reconocimiento de señales habladas está relacionado con el aumento de la complejidad de la técnica moderna de los sistemas de control, en los que se hace necesario formar señales de control a partir de las órdenes habladas del operador. Tales son, por ejemplo, los casos de pilotos que se encuentran en complejas situaciones metereológicas, de conductores de tanques cuando se mueven por terrenos accidentados, de los operadores en las industrias química y metalúrgica, etcétera.

La actualidad del problema del reconocimiento de las señales habladas es mayor para resolver las tareas de la comunicación entre el hombre y la máquina en los sistemas automáticos de control (SAC) modernos. En estos momentos se fabrican equipos para imprimir un texto hablado por medio de máquinas de escribir automáticas, para la selección de signos tipográficos por la voz. Estas tareas están lejos de haber recibido una solución efectiva.

En los últimos tiempos se realizan investigaciones intensivas para aplicar los métodos de reconocimiento a la elaboración de robots-manipuladores en la construcción, robots-controladores del surtido de la producción, de los procesos tecnológicos, robots-observadores cuando se realizan experimentos en condiciones peligrosas para el hombre, etcétera.

Se confeccionan sistemas y métodos de reconocimiento aplicables a las tareas de proyección automática, composición de

catálagos de libros, de anotaciones, búsquedas en bancos de datos, reconocimiento de lenguajes de programación, etcétera.

La ampliación de las aplicaciones de los métodos de reconocimiento ha sido motivada por la solución de tareas complejas y difíciles en las cuales la experiencia y la intuición de los especialistas son insuficientes, por ejemplo: en casos de diagnóstico de sistemas de muchos parámetros, cuando las posibilidades psicológicas y fisiológicas del hombre resultan muy limitadas: dirección y control de sistemas complejos en la técnica y la producción modernas, es decir, allí donde son esenciales las decisiones rápidas, a tiempo y precisas.

Para comprender mejor el carácter científico general de los métodos y la teoría del reconocimiento automático es importante examinar el aspecto gnoseológico de los principales conceptos, tareas y métodos, así como las particularidades gnoseológicas de la teoría del reconocimiento en su conjunto.

Principales conceptos, tareas y métodos de la teoría del reconocimiento automático

Uno de los conceptos de partida de la teoría del reconocimiento automático es el de imagen o clase. Supone, por lo menos, cinco conceptos, por medio de los cuales se expresan los elementos fundamentales —parámetros— de las diferentes tareas de reconocimiento. Entre estos parámetros se encuentran: 1) conjunto de las clases de objetos o alfabetos de las clases —S; 2) conjunto de los rasgos, X, que poseen significados definidos; 3) conjunto de las reglas de decisión D —de funciones, algoritmos—, que dividen el conjunto de objetos en cuestión en clases y permiten definir la pertenencia de ese objeto a una u otra clase; 4) conjunto de limitaciones H —de hipótesis, suposiciones—; 5) evaluaciones N —criterios—, que caracterizan a uno u otro algoritmo divisor. Teniendo en cuenta estos parámetros se puede ofrecer la siguiente definición de imagen: la imagen es la representación de los rasgos generales y relativamente estables, cuyo conjunto determinado de significados caracteriza a la clase de objetos en cuestión.

Si comparamos el concepto "imagen" —clase— con el de imagen gnoseológica —sensorial o de pensamiento—, veremos que el contenido del primero es un aspecto abstracto del contenido del segundo. Hemos mostrado que de las diez características básicas del contenido de la imagen gnoseológica —va-

lor objetivo y subjetivo, heterogeneidad interior y exterior, número de elementos del objeto, valor numérico de los rasgos, composición del objeto, su estructura, tipo de semejanza con el original, significado y sentido—, en la "imagen" o clase no están representadas las siguientes: características del valor objetivo-científico, número de elementos del objeto, significado y sentido.[103] Mientras que otras características de la imagen están limitadas: por ejemplo, sólo pueden estar representadas en ellas las estructuras —leyes— exteriores y no las interiores, lo que trataremos más adelante. Este espectro incompleto de las características de la "imagen" o clase y el conjunto de los cinco parámetros de partida encuentran su expresión natural en las tareas principales, las particularidades gnoseológicas y las posibilidades de la teoría del reconocimiento automático. Examinemos estos problemas.

El conjunto de limitaciones —hipótesis— y criterios de los algoritmos de reconocimiento, es decir, los parámetros 4 y 5, dependen habitualmente de las condiciones presentes en el reconocimiento, por lo que están fijadas, y constituyen magnitudes constantes. Entonces, de los tres elementos o parámetros restantes pueden darse dos con una incógnita. De aquí se desprenden tres tipos fundamentales de tareas de reconocimiento.[104]

Primer tipo de tareas: cuando están dados el alfabeto de las clases, el conjunto de los rasgos y algunos representantes de las clases con sus correspondientes valores de los rasgos, encontrar la regla de solución.

Segundo tipo de tareas: dados el alfabeto de las clases, el tipo o forma concreta de las reglas de solución, así como un extracto de distintos representantes de las clases con valores numéricos de las propiedades de la descripción primaria, encontrar el sistema de rasgos informativos.

Tercer tipo de tareas: dados el conjunto de parámetros y las funciones de solución, así como un conjunto de objetos que pertenecen a clases desconocidas, dividir este conjunto en un número finito de clases. Esta tarea se conoce como clasificación o taxonomía.

Las tres tareas básicas del reconocimiento tienen lugar en los niveles empírico y teórico del conocimiento y en todos los campos de la ciencia, la técnica y la cultura. Sin embargo, la teoría existente del reconocimiento automático está más adaptada a la solución de tareas del nivel empírico del conocimiento. Esto está condicionado por las admisiones y limitaciones de

partida que expresan las particularidades específicas de esta teoría y condicionan la elección de los métodos correspondientes y las posibilidades de su aplicación.

¿Cuáles son estas particularidades?

La primera particularidad de la teoría del reconocimiento automático consiste en que desde el principio de su elaboración, la teoría estuvo orientada a la solución de tareas técnicas *estrechamente aplicadas, al establecimiento de los rasgos útiles para una situación dada,* es decir, a una división de los objetos en clases que respondiera exclusivamente a la situación en cuestión. Pero las teorías existentes no garantizan el reconocimiento de los rasgos y sus correlaciones —leyes— que corresponden a la naturaleza de los objetos, es decir, que no sólo son útiles a una situación dada, sino también a un espectro más amplio de condiciones en las cuales pueden encontrarse los objetos reconocidos. El enfoque pragmático del problema del reconocimiento sólo está justificado desde el punto de vista de la accesibilidad y facilidad de la solución de tareas aplicadas singulares. Sin embargo, conduce a una abundancia de modos empíricos particulares para la solución de las tareas aplicadas. En otras palabras, la absolutización del enfoque pragmático conduce a un empirismo extremo. En los intentos por ampliar las posibilidades del reconocimiento, es decir, al pasar al planteamiento de tareas de reconocimiento intensivo de propiedades y leyes esenciales, de tareas de clasificación objetiva, el enfoque pragmático puso claramente al descubierto su limitación.

La primera particularidad de la teoría que acabamos de señalar determina las demás particularidades de las teorías existentes del reconocimiento.

La segunda particularidad radica en el carácter *relativo* del reconocimiento. La relatividad de la descripción y reconocimiento de objetos se expresa de dos formas: a) la relatividad con respecto al conjunto dado de clases, las cuales se describen con exactitud hasta su diferenciación mutua, sin tocar las diferencias con otras clases; b) la relatividad con respecto al conjunto dado de rasgos y, por consiguiente, de los captadores y receptores: el conjunto de rasgos —captadores— determina el carácter de la clasificación, la división del conjunto de objetos iniciales en determinadas clases y no otras. Ambos puntos significan también que los rasgos seleccionados son invariantes respecto de un número mucho menor de transformaciones

en comparación con aquellas que responden a los rasgos esenciales.

La tercera particularidad estriba en que el alfabeto de clases reconocibles se describe con ayuda de un *conjunto único de rasgos, igual para todas las clases;* entre estos rasgos pueden no encontrarse algunos que son específicos de una u otra clase. El espacio único de rasgos permite distinguir las clases según los valores numéricos de dichos rasgos, iguales para todas las clases reconocibles. Esto condiciona la posibilidad de utilizar métodos numéricos en el campo del reconocimiento de objetos. Es así que la medida de semejanza y divisibilidad de las clases se valora por su "cercanía métrica". Pero esto se logra a costa de un gran precio: la limitación de la descripción de clases suficientemente homogéneas, cualitativamente semejantes. El aparato existente de la teoría no se adapta al reconocimiento de clases heterogéneas. Por ejemplo, es inefectivo describir mediante parámetros iguales los fenómenos termodinámicos y electrostáticos. Entre los parámetros específicos de los sistemas termodinámicos se encuentran la entropía, la presión, la temperatura, la capacidad calorífica y la entalpía; entre los electrostáticos: la carga eléctrica, la tensión del campo eléctrico, la permeabilidad eléctrica relativa, entre otros. Esto implica que dos tipos de objetos heterogéneos poseen un diferente campo de rasgos. Otra de las insuficiencias del aparato matemático de la teoría es que se apoya exclusivamente en los valores numéricos de los rasgos y no en sus correlaciones —leyes—, en la estructura interior, y no está adaptada al descubrimiento de éstas.

Las tres particularidades de la teoría del reconocimiento evidencian el carácter fenomenológico de su instrumental conceptual y matemático. Los métodos del procesamiento estadístico de los significados de los parámetros no van más allá de las fronteras del nivel empírico del conocimiento.

La cuarta particularidad caracteriza el aparato lógico de la teoría. Entre los elementos lógicos básicos que se presuponen en el concepto de imagen se encuentran las operaciones de identificación y diferenciación, generalización y limitación. Las operaciones de mediatización, en particular los circuitos y los sistemas de conclusiones deductivas, se aplican débilmente. La utilización del álgebra de la lógica comenzó no hace mucho,[105] y sólo para el establecimiento de dependencias empíricas (por ejemplo, para pronosticar el tiempo a partir de una serie de datos empíricos).

Los tipos principales de tareas, las particularidades de la teoría del reconocimiento y, en grado considerable, los datos de partida —apriorísticos— determinan la elección de los métodos matemáticos y el carácter de su aplicación y realización técnica. La interpretación geométrica de las relaciones entre clases ofrece una representación evidente de las relaciones de las clases de objetos con la elección de los métodos de reconocimiento. Se introduce el concepto de espacio multidimensional de los rasgos, cuya dimensionalidad es igual al número de rasgos. Entonces, cada objeto individual está representado por un punto en este espacio multidimensional, y la clase de objetos, por un conjunto de puntos. Las fronteras de división de las clases son las de la división de las regiones de puntos, es decir, de superficie hiperbólica en este espacio multidimensional de rasgos. La buena divisibilidad de las clases entre sí se expresa como su no entrecruzamiento, y la mala divisibilidad, como su entrecruzamiento en el espacio de rasgos.

Examinemos la influencia de la información apriorística sobre la divisibilidad de las clases y la elección de los métodos de reconocimiento. Los datos apriorísticos, es decir, toda la información de partida que tiene relación directa con la solución de la tarea en cuestión y que se encuentra a disposición del sistema de decisión, influye directamente sobre la elección del modelo, el lenguaje descriptivo, y lo que es fundamental, sobre los métodos y algoritmos concretos de reconocimiento. Los datos apriorísticos caracterizan el grado de incertidumbre de la situación de reconocimiento. Si esos datos evidencian un no entrecruzamiento de las imágenes en el espacio de los rasgos, se aplicarán entonces los llamados modelos y métodos *determinados* de reconocimiento. Son posibles dos casos: las relaciones de no entrecruzamiento con una frontera común

y con la llamada zona cero

En estos dibujos, las clases *A* y *B* han sido representadas en un espacio de dos rasgos, es decir, en una superficie plana.

Entre los métodos determinados se encuentran: el de patrones, el de funciones potenciales, el continuo de grupo y otros.

El mérito de los métodos determinados radica en la simpleza de las funciones de decisión y en la infalibilidad del reconocimiento. Los métodos determinados se aplican a sistemas bastantes simples: letras y cifras impresas *standard*, figuras geométricas sencillas, etcétera.

En caso de un entrecruzamiento de las imágenes —clases— en el espacio de las propiedades y en presencia de un extracto representativo, se aplican los métodos *estadísticos*. El carácter incompleto de los datos iniciales, que engendra incertidumbre, y por ello, el entrecruzamiento —mala divisibilidad— de las clases, puede tener tanto una fuente objetiva como otra dependiente de las posibilidades del sistema de decisión. En el primer caso, se trata de la presencia de objetos, procesos y situaciones que pasan de una clase a otra. Por ejemplo, al escribir a mano las cifras *3* y *8* pueden producirse configuraciones de transición que no pueden ser referidas unívocamente a una de esas cifras. Es análoga la situación con las formas de transición en la naturaleza orgánica. El segundo tipo de entrecruzamiento depende del estado del sistema reconocedor: averías, ruidos internos, funcionamiento en un régimen inhabitual.

En la actualidad, se pueden señalar los siguientes métodos estadísticos "en funcionamiento":

El método *correlativo*, según el cual la clasificación de los objetos y su inclusión en una clase se basan en el cálculo de los coeficientes de correlación de cada objeto con las medias elegidas de cada clase.

El método de *verosimilitud máxima* se apoya en tres criterios estadísticos: el criterio que asegura un mínimo de probabilidad de error (criterio de Chou), el criterio que minimiza la magnitud media de pérdidas (criterio de Beyes) y el criterio consecuente de verosimilitud, basado en la idea de las aproximaciones consecuentes (criterio de Wald). Como métodos auxiliares se utilizan los de la teoría de los juegos y de decisiones estadísticas, así como los de la teoría de la información. Se aplica el método del análisis discriminativo, en el cual la proyección de los vectores de una clase se distribuye lo más lejos posible de la proyección de otra.

Los métodos enumerados se denominan *paramétricos*. Tienen en común el estar basados en informes sobre los tipos de las distribuciones estadísticas de clases de objetos.

Sin embargo, en muchos casos, la obtención de semejantes datos es difícil. Cuando existe una incertidumbre considerable y bajo condiciones cambiantes de comportamiento se hace

necesario aplicar al reconocimiento los llamados métodos *no paramétricos:* de *adaptación, aprendizaje y autoaprendizaje.* De esta forma, la teoría del reconocimiento automático se complementa sustancialmente en comparación con los métodos estadísticos tradicionales.

En la adaptación y el aprendizaje se utiliza la información corriente para compensar la insuficiencia de información apriorística. La eliminación de la incertidumbre inicial se realiza, en las condiciones cambiantes, por medio de la modificación de los parámetros y algoritmos del sistema. Desde el punto de vista del enfoque algorítmico, el aprendizaje es la modificación orientada del algoritmo. El enfoque algorítmico permite aplicar procedimientos de búsqueda que son descritos en forma de algoritmos de tres tipos: el determinado, el casual y el mixto. En este sentido, el logro del objeto del aprendizaje se reduce, en el plano matemático, al hallazgo del extremo de cierta funcional, por ejemplo, se minimiza la funcional del tipo de riesgo medio.

En el aprendizaje del reconocimiento, el papel de "maestro", es decir, de sistema controlador, consiste en la indicación de la clase a que se refieren uno u otro objetos presentados en la etapa del aprendizaje, por ejemplo, si la representación pertenece a la clase de los perfiles femeninos o masculinos. Después de concluido el aprendizaje del sistema, en la etapa de comprobación —en el examen— éste es capaz de referir un nuevo objeto a una determinada clase con cierta probabilidad.

Los sistemas de autoaprendizaje, desprovistos de control y de estímulo exterior por el sistema que enseña —maestro—, poseen un mayor grado de autonomía y resuelven tareas más complejas. Sin embargo, en el autoaprendizaje de los sistemas artificiales participa indirectamente el maestro y creador; a él le corresponde la formulación de la tarea, la creación y entrega de los criterios de autoaprendizaje —introducidos, bien constructivamente, bien en forma de programas—, de interpretación de las decisiones formales.

Los métodos de reconocimiento relacionados con la adaptación y el aprendizaje poseen una serie de ventajas en comparación con los métodos del análisis correlativo y regresivo (el análisis correlativo se reduce a la determinación del grado de acoplamiento —correlación— entre los rasgos, a la revelación del carácter de la correlación —directa o inversa—; el análisis regresivo está relacionado con la determinación de en

qué grado las magnitudes medias —esperadas— de un rasgo dependen de otro). En la modelación y la pronosticación de los procesos socioeconómicos —por ejemplo, movimientos de la fuerza laboral, migraciones de la población— la ventaja es la siguiente:[106] el aparato del análisis correlativo está destinado al estudio de los vínculos lineales entre rasgos; el reconocimiento de imágenes basado en la búsqueda casual con adaptación tiene en cuenta los vínculos no lineales, con lo cual logra reflejar las diferencias cualitativas y los saltos de los procesos sociales. Los rasgos elegidos mediante los métodos del reconocimiento de imágenes resultaron más adecuados a los procesos investigados; se logró una mayor exactitud y más cálculos sin errores, la magnitud media del error del pronóstico fue menor que con el análisis regresivo.

Sobre las tendencias de desarrollo de los métodos de la teoría del reconocimiento automático

La teoría del reconocimiento automático, en tanto que teoría científica general, puede construirse —y semejantes consideraciones ya han sido formuladas— como teoría de un tipo de generalidad puramente unificadora: la teoría debe unificar y sistematizar todos los métodos y algoritmos de reconocimiento conocidos. La deficiencia de esta teoría es evidente: sería semiempírica en grado sumo, pues en ella entrarían muchos algoritmos particulares encontrados por medios empíricos, y específicamente por el medio de pruebas y errores.

Otra vía para la elaboración de una teoría científica general es la creación de una teoría integral-general basada en propiedades y estructuras —leyes, algoritmos— generales. Puede considerarse como tal el enfoque probabilístico-integrativo del problema de los sistemas de reconocimiento que aprenden, perteneciente a Ia. A. Tsipkin. Éste descubrió los algoritmos de tipo integral, de los cuales pueden deducirse, mediante la imposición de ciertas limitaciones, todos los algoritmos de aprendizaje conocidos para el reconocimiento de imágenes, y también, en condiciones de nuevas limitaciones, nuevos algoritmos.[107] Estos algoritmos integrales son algoritmos de aproximación estocástica basados en un enfoque adaptativo; describen el proceso de aprendizaje del reconocimiento en forma de pruebas casuales que se repiten en secuencia, cada una

de las cuales se valora por su cercanía al fin —al extremo de la funcional.

En los últimos tiempos se ha intentado aplicar los sistemas técnicos de reconocimiento a la solución de tareas científicas de diversa índole, desde la clasificación y la identificación empírica, por ejemplo, de minerales, plantas, etcétera, hasta el descubrimiento de "regularidades empíricas", de "parámetros informativos". En los últimos años existen indicios positivos sobre la posibilidad de detectar leyes fundamentales por medio del procesamiento automático de observaciones empíricas.

Sin embargo, surgieron dificultades para la revelación de los rasgos esenciales —y no sólo útiles a una tarea determinada—, sobre todo, para la definición de sus correlaciones estables en forma de estructuras y leyes de los objetos.

Esto significa que la teoría estadística general del reconocimiento que poseemos, exige una reelaboración de su fundamento conceptual y de su aparato lógico-matemático operativo.

El enfoque constructivo de la reelaboración consiste, según nuestra opinión, en la *superación* de aquellas limitaciones gnoseológicas de la teoría del reconocimiento que tratamos antes. En nuestro trabajo[108] se esbozan los contornos fundamentales de semejante reelaboración; ahora nos detendremos solamente en algunos aspectos importantes de la superación de las limitaciones relacionadas con la primera particularidad de la teoría del reconocimiento, que hemos formulado ya.

La superación de la primera limitación, es decir, el paso del enfoque pragmático, de utilidad estrechamente técnica, al principio objetivo-esencial presupone, ante todo, la reformulación de las tareas fundamentales del reconocimiento examinadas más arriba. El hallazgo de las reglas de solución para la división del conjunto inicial de objetos en clases y para la asignación de uno u otro objeto a una determinada clase supone, en el nuevo enfoque, una diferenciación de las clases basada en los rasgos y leyes esenciales que responden a la naturaleza de la clase de objetos en cuestión.

¿Cuáles son las posibilidades gnoseológicas y las condiciones del paso a los rasgos esenciales y a sus correlaciones, es decir, a las leyes de los objetos?

Los primeros intentos por aplicar el enfoque y los métodos de la teoría del reconocimiento automático al problema de formación de conceptos por autómatas[109] y al hallazgo de leyes

objetivas por medio del reconocimiento automático[110] mostraron lo siguiente: en primer lugar, que las generalizaciones basadas en métodos estadísticos y determinísticos no sobrepasan los marcos de las generalizaciones basadas en abstracciones de identificación (según Locke) que aseguran el nivel de los conceptos y regularidades empíricas.

Para que los sistemas de reconocimiento automático puedan solucionar algunas tareas del nivel teórico del conocimiento y determinar propiedades y leyes esenciales, es preciso otorgarles nuevas funciones que no existen en un autómata moderno. Esto es válido tanto para la realización de algunas operaciones formalizadas como no formalizadas.

Entre las operaciones formalizadas que son necesarias para la determinación de las propiedades y relaciones esenciales, y que pueden ser realizadas por los métodos y equipos de reconocimiento existentes, se encuentran las que a continuación expondremos.

1. Durante la elaboración estadística de los datos y el aprendizaje y autoaprendizaje de los equipos de reconocimiento, la independencia relativa de los rasgos es un indicador importante de los más esenciales, lo que se expresa matemáticamente en su no correlacionalidad estadística. Los rasgos inesenciales se correlacionan con los esenciales, se agrupan en torno a ellos.

2. Los rasgos esenciales y sus relaciones son, al mismo tiempo, generales, o sea, pertenecen a una o varias clases de objetos. Pero no todos los rasgos y relaciones generales son esenciales. Esto significa que, además de las operaciones de identificación y diferenciación, que están en la base de la generalización, se necesitan otras operaciones.

3. Los rasgos y relaciones esenciales se caracterizan por su estabilidad con respecto a las modificaciones bien definidas del objeto. Esto se expresa matemáticamente en la invariancia de los rasgos y la covariancia de sus relaciones para determinados grupos de transformaciones.

4. Pero los rasgos esenciales, y sobre todo sus correlaciones —leyes, estructuras— no están directamente dados en el nivel empírico de la elaboración de las observaciones. Se basan en vínculos mediatizados y se determinan con ayuda de conclusiones deductivas mediatizadas, las cuales pueden formar lar-

gas cadenas y "árboles". En otras palabras, las operaciones inductivo-estadísticas incluidas en los procesos de aprendizaje del reconocimiento se relacionan con conclusiones mediatizadas que utilizan una información "apriorística" de la memoria del sistema. Lamentablemente, sólo hemos dado los primeros pasos[11] en la utilización de las conclusiones deductivas, en particular, el álgebra de la lógica.

Los tipos fundamentales de operaciones indicados se basan en operaciones no formalizadas (o las incorporan indirectamente). Por ejemplo, la aplicación de métodos estadísticos al reconocimiento, como a otros procedimientos, incluye un proceso de contenido —todavía no formalizable— para la formulación de hipótesis. Este proceso no puede ser reducido a la creación de una diversidad —campo— de posibilidades sobre la base de la generación de ruidos o con ayuda de una tabla de números casuales. Semejantes generadores aseguran la diversidad cuantitativa de estados para la elección ulterior y no la diversidad cualitativa de las direcciones, de los campos de posibilidades. Esta última es prerrogativa de la imagmación, la fantasía o la intuición humana. La elaboración y elección de los criterios de búsqueda también es un acto no formalizable, como lo es también la formulación de nuevas tareas y la interpretación matemática de las soluciones formales. El hallazgo de invariantes presupone también un proceso no formal de elección de las transformaciones correspondientes. Todos estos procesos todavía no formalizables están relacionados con la actividad del sujeto cognoscente. Esto significa que el conocimiento de las propiedades esenciales y de las leyes teóricas —y no de las regulaciones empíricas como las correlativas— es un proceso *creador*.

El enfoque constructivo para la creación de sistemas de reconocimiento que posean considerable independencia y grandes posibilidades está estrechamente vinculado a la elaboración del problema de la autoorganización. Sólo a sistemas autoorganizables pueden otorgárseles gradualmente muchas de las funciones antes enumeradas de orden no formal. Por ello, el problema de la creación de sistemas de reconocimiento de nuevo tipo es un elemento esencial de otro problema más general y superior: el problema de la creación de sistemas de intelecto artificial, capaces de "competir" con el intelecto natural.

Sin embargo, el estado de las investigaciones de este problema es tal, que todavía no se ha aclarado cuál es el conjunto

completo de los principios de la autoorganización ni se han creado modelos y esquemas aplicables que reflejen lo específico de la autoorganización. La autoorganización se puede definir como la capacidad del sistema para modificar orientadamente, de manera independiente y sin previsión, sus algoritmos de trabajo y estructura estática en su interacción con el medio. La autoorganización incluye todos los niveles de la autodirección: el autorreglaje, el autoaprendizaje y la adaptación, aunque contiene algo más. La autoorganización constituye un estado especial de inestabilidad (de "inquietud", "iniciativa"), el cual estimula y orienta el sistema a una búsqueda de determinado tipo, casual o mixto, con el fin de asegurar las relaciones óptimas del sistema con el medio. A diferencia del estado puramente físico de inestabilidad, por ejemplo, un péndulo en estado de desequilibrio, este estado es autoproducido por el sistema, y no está provocado por acciones externas, como en el modelo del homeostato,[112] el cual es incapaz de salir por sí mismo de un estado estable. La reproducción artificial de los estados de necesidad activos, que son una función de la autoorganización, no se logra por la vía del enfoque puramente físico.[113] Sin embargo, en la elaboración del problema de la autoorganización no es correcto contraponer el enfoque de sustrato al sistémico-estructural; las diferencias de los sistemas por su sustrato material y propiedades empíricas se expresan también en las diferencias de su estructura, de su organización. La creación de sistemas artificiales completamente autoorganizables, con posibilidades equivalentes a las de los sistemas vivos, es un problema del futuro. Y en este caso es difícil pronosticar los plazos de semejante final.[114]

En la actualidad, la tendencia dominante en las elaboraciones y utilización de los sistemas de reconocimiento consiste en permitir que el hombre se libere de operaciones rutinarias no creadoras; que las operaciones formalizadas no creadoras se realicen con mayor precisión, volumen y velocidad; en asegurar la optimización de las relaciones mutuas entre el hombre y los sistemas de reconocimiento. Para decirlo con pocas palabras; esta tendencia no consiste en la imitación y la sustitución del intelecto humano, sino en su fortalecimiento.

NOTAS

[1] C. Marx y F. Engels: *Obras completas.* t. XIII, p. 43 (ed. en ruso).

[2] M. Bunge: *La causalidad. El lugar del principio de causalidad en la ciencia moderna.* Moscú, 1962, p. 345.

[3] S. T. Meliujin: "Causalidad y dependencia funcional". En *El problema de la causalidad en la física actual.* Moscú, 1960.

[4] Sobre el funcionalismo en sociología ver, por ejemplo, *El análisis estructural-funcional en la sociología actual.* Moscú, 1968.

[5] Ver M. G. Jaroshevski: *La psicología del siglo XX. Problemas teóricos del desarrollo de la ciencia psíquica.* Moscú, 1974.

[6] M. F. Vedenov y V. I. Kremianski: *Correlación entre estructura y función.* Moscú, 1966.

[7] M. I. Strov: *Fundamentos de la organización funcional.* Leningrado, 1972.

[8] R. Rosen: *El principio de optimalidad en biología.* Moscú, 1969.

[9] Ver B. S. Ukraintsev: *Los sistemas autorregulados y la causalidad.* Moscú, 1972; G. Pask: "El significado de la cibernética para la ciencia sobre el comportamiento (la cibernética del comportamiento y del conocimiento, ampliación del concepto "fin"). En *Problemas cibernéticos de la biónica.* Moscú, 1972; R. Ackoff y F. Emery: *Sobre los sistemas finalistas.* Moscú, 1974; D. Clealand y V. King: *Análisis sistémico y control finalista.* Moscú, 1974, entre otros.

[10] P. K. Anojin: "La teoría del sistema funcional como premisa para la creación de la cibernética fisiológica". En *Aspectos biológicos de la cibernética.* Moscú, 1962, p. 77.

[11] R. Ackoff y F. Emery, *op. cit.*, p. 35.

[12] B. V. Biriukov: *Cibernética y metodología de la ciencia.* Moscú, 1974, p. 177.

[13] W. R. Ashby: *Introducción a la cibernética.* Moscú, 1959, p. 159.

[14] G. Koestler: "Principios generales del análisis de sistemas". En *Biología teórica y matemática.* Moscú, 1968, p. 339.

[15] V. S. Tiujtin: "La cibernética y las investigaciones biológicas". En *La dialéctica materialista y los métodos de las ciencias naturales.* Moscú, 1968, pp. 527-530.

[16] I. V. Sachkov: *Introducción al mundo probabilístico.* Moscú, 1971, p. 62.

[17] J. Alven: *Atomo, hombre, universo.* Moscú, 1973, p. 10.

[18] C. F. von Weizsäcker: "Sobre el arte del pronostico". En *Mir Nauki.* Nº 3, 1969, p. 10.

[19] M. Ruze: *Robert Oppenheimer.* Moscú, 1965, p. 127.

[20] P. V. Kopnin: *La idea como forma del pensamiento.* Kiev, 1963, p. 30.

[21] N. Rashevski: "Conjuntos organísmicos: ensayos de teoría general de los organismos biológicos y sociales". En *Investigaciones sobre teoria general de sistemas.* Moscú, 1969, p. 445.

[22] A. A. Olitski: "Métodos funcional y genético como medio de la investigación de las estructuras biológicas". En *Problemas de la metodología de la investigación sistémica.* Moscú, 1970, p. 250.

[23] A. N. Kolmogorov: "La vida y el pensamiento como formas especiales de la existencia de la materia". En *Sobre la esencia de la vida.* Moscú, 1964, p. 50.

[24] B. S. Ukraintsev y A. D. Ursul: "Cibernética y dialéctica materialista". En *Filosofski Nauki* 2, 1975, p. 5.

[25] K. Pribam: *Los lenguajes del cerebro.* Moscú, 1975.

[26] I. Odum: *Fundamentos de la ecología.* Moscú, 1975, p. 31.

[27] *Ibid.,* pp. 359-360.

[28] L. D. Landau y E. M. Lifshitz: *Teoría del campo.* Moscú, 1967; I. E. Tamin: *Fundamentos de la teoría de la electricidad.* Moscú, 1966.

[29] F. Alven: *Electrodinámica cósmica.* Moscú, 1967.

[30] M. E. Omelianovski: *La dialéctica en la física actual.* Moscú, 1973, p. 182.

[31] A. A. Liapunov y S. V. Iablonski: "Problemas teóricos de la cibernética". En *Problemi Kibernetiki* 9, Moscú, 1963, p. 5.

[32] N. A. Bernstein: *La modelación en biología.* Moscú, 1963, pp. 13-16.

[33] G. I. Ruzavin: *Los métodos de la investigación científica.* Moscú, 1974, p. 12.

[34] I. B. Novik: *Sobre la modelación de los sistemas complejos.* Moscú, 1969, p. 17.

[35] I. V. Kuznetsov: *Obras escogidas sobre metodología de la física.* Moscú, 1974, p. 45.

[36] Ver B. S. Grianov: "Algunos aspectos gnoseológicos de la cibernética". En *Cibernética. Pensamiento. Vida.* Moscú, 1964, p. 406.

[37] En el libro *Dirección, información, intelecto,* se distinguen tres niveles del concepto algorítmico. Sin embargo, es aconsejable examinar este concepto en cuatro peldaños, separando las realizaciones maquinizadas de los algoritmos en un nivel especial.

[38] Estas propiedades del algoritmo han sido formuladas con precisión por A. A. Markov en la obra *Dirección, información, intelecto.* Moscú, 1976.

[39] Ver A. A. Markov: "Teoría de los algoritmos". En *Trabajos del Instituto de Matemática de la Academia de Ciencias de la URSS,* t. XLII. Moscú, 1954. Sobre otra abstracción esencial del concepto algoritmo, ver B. V. Biriukov: "El problema de la abstracción infalible" (relativo a un aspecto de la influencia de la revolución científico-técnica sobre la investigación del pensamiento lógico). En *Voprosi Filosofii* Nº 11, 1973.

[40] En un caso de degeneración el "sentido" de la expresión puede simplemente coincidir con la propia forma de expresión examinada en los marcos de la abstracción de identidad.

[41] Ver B. Jigman: *Estudio comparativo de los lenguajes de programación.* Moscú, 1974, p. 17.

[42] Z. L. Rabinovich: "Estructura algorítmica de la computadora". En *Enciclopedia de la cibernética,* t. I. Kiev, 1974, pp. 98-101.

[43] V. M. Glushkov y E. L. Iushenko: "Lenguajes de programación". En *Enciclopedia de la cibernética,* t. II. Kiev, 1974, p. 610.

[44] B. Jigman, *op. cit.,* p. 24.

[45] V. M. Glushkov y E. L. Iushenko: *op. cit.,* t. II, pp. 614-615.

[46] B. Jigman, *op. cit.,* pp. 22-23.

[47] *Ibíd.,* pp. 23-24.

[48] Ver V. M. Glushkov y E. L. Iushenko, *op. cit.,* t. II, p. 608.

[49] Estos datos pueden ser numéricos —número de la partida de mercancías, precio, cantidad— o de tipo cualitativo —compañía, índice del objeto, dirección del suministrador, etcétera.

[50] B. V. Biriukov y E. S. Gueller: "La cibernética en las ciencias humanísticas". En *Nauka,* 1973.

[51] El enfoque correspondiente para una definición del concepto de información fue propuesto por A. N. Kolmogorov.

[52] V. S. Budnikov: *Problemas metodológicos de la algoritmización en la ciencia* (tesis). Moscú, 1974.

[53] L. N. Landa: *La algoritmización en la enseñanza.* Moscú, 1966; B. V. Biriukov y L. N. Landa: "Análisis metodológico del concepto

de algoritmo en la psicología y la pedagogía en su relación con las tareas de la enseñanza". En *Problemas de la algoritmización y la programación de la enseñanza.* Moscú, 1969, pp. 17-38.

[54] L. A. Zadeh: "Fuzzy algorithms". En *Information and Control.* vol. XII, 2, 1968; "Fundamentos de un nuevo enfoque del análisis de los sistemas complejos y de los procesos de toma de decisiones". En *La matemática hoy.* Moscú, 1974.

[55] L. A. Zadeh: "Las sombras de los conjuntos imprecisos". En *Problemas de la trasmisión de información,* t. II, 1966, p. 37.

[56] D. S. Ral y V. S. Pirumov: "Fundamentos metodológicos de la toma de decisiones por el hombre". En *La toma de decisiones por el hombre.* Tbilisi, 1967, p. 19.

[57] V. S. Lerner y R. I. Trujaiev: *Modelos dinámicos de los procesos de toma de decisiones.* Kishiniev, 1974, p. 6.

[58] S. Iang: *La dirección sistémica de las organizaciones.* Moscú, 1972, p. 61.

[59] M. S. Kagan: *La actividad humana.* Moscú, 1975.

[60] E. S. Markarian: *Sobre la génesis de la actividad humana y la cultura.* Erevan, 1973.

[61] M. S. Kagan: *La actividad humana.* Moscú, 1974, p. 5.

[62] V. I. Lenin: *Obras completas,* t. VI, p. 328.

[63] B. Gurney: *Introducción a la ciencia de la dirección.* Moscú, 1969, p. 358.

[64] C. Marx y F. Engels: *Obras completas,* t. 3, p. 3.

[65] S. Iang: *La dirección sistémica de las organizaciones.* Moscú, 1972, p. 64.

[66] W. R. Ashby: *Introducción a la cibernética.* Moscú, 1959.

[67] Ver, por ejemplo, V. G. Afanasiev: *La información social y la dirección de la sociedad.* Moscú, 1975; I. Ia. Diner: "Algunas direcciones del desarrollo de la investigación de operaciones". En *Morskoi Sbornik* Nº 1, Moscú, 1970; M. Starr: *La dirección de la producción.* Moscú, 1968.

[68] Iu. Zaichenko: *Investigaciones de operaciones.* Kiev, 1975, p. 8.

[69] T. L., Saati: *Los métodos matemáticos de la investigación de operaciones.* Moscú, 1961, pp. 11-12.

[70] I. Ia. Diner, *op. cit.,* p. 33.

[71] *Ibíd.* p. 33.

[72] R. D. Luciene eI. Raifa: *Juegos y decisiones.* Moscú, 1961, pp. 33-36.

[73] K. Shaniavski: "El papel de las valoraciones en el proceso cognoscitivo". En *Voprosi Filosofii* Nº 3, 1969, p. 87.

[74] M. Starr: *La dirección de la producción.* Moscú, 1968, p. 87.

[75] Iu. O. Zaichenko: *Investigaciones de operaciones.* Kiev, 1975, p. 29.

[76] M. Starr: *La dirección de la producción.* Moscú, 1968, p. 142.

[77] E. Kweid: "Los métodos del análisis sistémico". En *Lo nuevo en la teoría y la práctica de la dirección de la producción en Estados Unidos.* Moscú, 1971, p. 85.

[78] G. S. Pospielov: *Problemas del análisis y procedimiento de la toma de decisiones.* Moscú, 1976, p. 5.

[79] G. S. Pospielov y V. A. Irikov: *La planificación programática de finalidad y la dirección.* Moscú, 1976, p. 118.

[80] H. A. Simon: "The logics of neuristic decision". En *The logics of decision and action.* Londres, 1967, pp. 1-33.

[81] Precisamente aquí aparecen como objetos de investigación determinados métodos de la teoría de la toma de decisiones.

[82] L. Moses y G. Chernov: *Teoría elemental de las decisiones estadísticas.* Moscú, 1962, p. 7.

[83] R. Jeffrey: *The logics of decision.* Nueva York, 1965, p. 201.

[84] L. Moses y G. Chernov, *op. cit.*, p. 17.

[85] R. Jeffrey, *op. cit.*

[86] *Ibid.*

[87] B. Finetti: "La logique de la probabilité". En *Actes du Congrès International de Philosophie Scientifique.* París, 1939, p. 37.

[88] Ver A. N. Kolmogorov, B. N. Piatnitsin, R. Carnap y B. Finetti.

[89] A. N. Kolmogorov: "Teoría de las probabilidades". En *La matemática, su contenido, métodos y significado,* t. II. Editado por la Academia de Ciencias de la URSS, Moscú, 1956.

[90] J. Neumann y O. Morgenstern: *La teoría de los juegos y el comportamiento económico.* Moscú, 1970.

[91] K. Shaniavski: "El papel de las valoraciones en el proceso cognoscitivo". En *Voprosi Filosofii* Nº 3, 1969.

[92] J. Neumann y O. Morgenstern, *op. cit.*

[93] *Ibid.*

[94] L. Moses y G. Chernov, *op. cit.*

[95] G. P. Chibanov: *El reconocimiento en los sistemas de autocontrol.* Moscú, 1973.

[96] *Ibid.*

[97] Ver V. A. Kovalevski: *Los métodos de solución óptima en el reconocimiento de imágenes.* Moscú, 1976.

[98] R. C. Strand: "Optical image recognition for experiments in the track chambers of high energy physics". En *Digital pattern recognition.* Nueva York, 1972, pp. 1122-1136.

[99] G. Nagy: "Digital image-processing activities in remote sensing for earth resources". En *Digital pattern recognition, op. cit.*

[100] G. P. Chibanov: *El reconocimiento en los sistemas de autocontrol.* Moscú, 1973.

[101] Ver *Identificación y descripción de líneas,* Moscú, 1972, pp. 78-100.

[102] Ver *El progreso de la cibernética biológica y médica.* Moscú, 1974.

[103] V. S. Tiujtin: *La teoría del reconocimiento automático y la gnoseología.* Moscú, 1976.

[104] Para más detalles ver N. G. Zagoriuko: *Los métodos del reconocimiento y su aplicación.* Moscú, 1972.

[105] Ver R. S. Ledley: *Digital computer and control engineering.* 1960; A. L. Gorelik y V. A. Skripkin: *Construcción de sistemas de reconocimiento.* Moscú, 1974.

[106] *El reconocimiento de imágenes en las investigaciones sociales.* Novosibirsk, 1976.

[107] I. Z. Tsipkin: *Adaptación y aprendizaje en los sistemas automáticos.* Moscú, 1968, pp. 128-134.

[108] V. S. Tiujtin: *La teoría del reconocimiento automático y la gnoseología.* Moscú, 1976.

[109] Ver E. B. Hunt y C. I. Hovland: *Experiments in induction.* Nueva York y Londres, 1966; "Order of consideration of different concepts". En *Experimental psychology,* 1960.

[110] Ver M. M. Bongard: *El problema del reconocimiento.* Moscú, 1967.

[111] Ver R. S. Ledley, *op. cit.;* A. L. Gorelik y V. A. Skripkin, *op. cit.*

[112] W. Ashby: *An introduction to cybernetics.* Londres, 1956.

[113] R. A. Hinde: *Energy models of motivation.* Sym. Sos. Biol. 14, 1960.

[114] Ver *La cibernética y el conocimiento científico actual,* sec. III, Moscú, 1976.

CAPÍTULO XI

EL MÉTODO SEMIÓTICO EN LA CIENCIA

1. EL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN SEMIÓTICA

En la actualidad, se entiende por semiótica la disciplina que estudia las propiedades generales de los signos o de los sistemas de signos, es decir, de los sistemas de objetos que actúan, o en principio pueden actuar, como expresión de un contenido diferente de ellos mismos. Tales sistemas, con exclusión de los lenguajes habituales naturales, constituyen diferentes lenguajes artificiales: los lenguajes parcial o completamente formalizados de la ciencia, los lenguajes algorítmicos y los de programación, los informativos de búsqueda, etcétera. Bajo determinadas condiciones, se consideran sistemas sígnicos los de señalización —el alfabeto Morse, las señales de tránsito—, los gráficos y los esquemas de instalaciones técnicas, los "lenguajes" de las artes plásticas y la arquitectura, de la música y la danza.

Por último, a veces pueden considerarse como sistemas de signos fenómenos sociales íntegros, por ejemplo: costumbres, normas y reglas de conducta en distintas culturas.

Por tanto, el enfoque semiótico se caracteriza, ante todo, por su amplitud en abarcar fenómenos de la realidad. La posibilidad de semejante enfoque está determinada por la presencia, en todos los fenómenos enumerados, de ciertas leyes generales que admiten que estos fenómenos sean interpretados, precisamente, como fenómenos sígnicos. En otras palabras, la semiótica, en el amplio sentido de la palabra, puede examinarse como determinado modo o como cierto aspecto del estudio de la realidad.

En términos generales, tiene sentido considerar la semiótica como la teoría general de los signos y como un determinado enfoque de la realidad; del mismo modo que considera-

mos la ciencia matemática y la matemática como un conjunto de métodos que pueden aplicarse a distintos fenómenos. Es en este último sentido que puede hablarse del carácter científico general del enfoque semiótico.

Las ideas básicas de la semiótica, como es sabido, se desarrollaron en los marcos de la lógica y la lingüística. El análisis de los lenguajes naturales fue la fuente principal de estas ideas. Los primeros resultados en esta dirección fueron obtenidos por C. S. Peirce y C. W. Morris, quienes intentaron dar una definición general de los conceptos de signo, sistema sígnico y significado. Sin embargo, el hecho de que el objeto de las investigaciones semióticas fuese inicialmente un fenómeno tan complejo como el lenguaje natural y su estructura, formados espontáneamente, impidió que se pudiera ofrecer una definición general del concepto "sistema semiótico". El contenido específico de los fenómenos lingüísticos del lenguaje natural, condicionado por una u otra rama de la ciencia que estudiaba sus variedades de signos particulares, condujo a que la especificidad señalada, a pesar de la voluntad de los investigadores mismos, dejara muchas veces su huella en la comprensión de las categorías semióticas en su forma más abstracta, y contradijera así la idea misma de la semiótica como teoría general de los signos.[1]

Los métodos básicos de la semiótica en la etapa inicial de su desarrollo fueron, en lo fundamental, los métodos lógico-matemáticos y los del análisis lingüístico. El acercamiento entre la lingüística y la lógica matemática tiene que ver con la penetración en la lingüística de los métodos matemáticos y la aparición de nuevas disciplinas como la lingüística estructural[2] y la lógica matemática. Con la creación, gracias a los trabajos de Chomsky, de la teoría de las gramáticas constructivas, puede decirse que concluyó este proceso de acercamiento y penetración mutua de los métodos lógicos y lingüísticos. Por supuesto, puede señalarse que con el desarrollo de las ideas fundamentales de la semiótica, los anteriores marcos lógico-lingüísticos del enfoque semiótico se ensancharon aún más, e incorporaron una serie de métodos de la cibernética, de la teoría de la información, la psicología industrial, etcétera. Pero, por regla general, se trata, o bien de la aplicación de los métodos elaborados en estas ciencias a problemas verdaderamente semióticos, o, por el contrario, del traslado del enfoque semiótico a un nuevo campo de objetos. Si examinamos el lenguaje en toda la diversidad de sus propiedades, relaciones

e interrelaciones, estaremos ante un sistema, ante un organismo social, de un alto grado de complejidad. En cierto sentido puede afirmarse que toda la cultura humana tiene un carácter sígnico.

Los enfoques lógico-matemático, lingüístico, psicológico y, por así decir, sociocultural del lenguaje, poseen un grado más o menos semejante de generalidad. Sin embargo, es indiscutible que ninguno de ellos abarca los problemas del signo, del significado y de los sistemas de signos en su totalidad. Por tal razón, la tarea principal de la semiótica, si es que pretende el *status* de disciplina científica general, consiste en unificar en su sistema integral aquellas concepciones sobre los signos y los sistemas de signos que fueron elaboradas en la lógica, la lingüística, la psicología y otras ciencias; en crear un método propio de investigación y formular su propio sistema de conceptos y categorías.

Existe otro punto de vista, según el cual la creación de una nueva disciplina científica general no va acompañada obligatoriamente por la creación de nuevos métodos de investigación, sobre todo en la actualidad, cuando las nuevas disciplinas aparecen en las fronteras de las ciencias ya existentes y utilizan los métodos elaborados en ellas. El criterio de aparición de una nueva disciplina científica puede ser, en este caso, la aparición de un nuevo lenguaje científico específico. El surgimiento de un lenguaje nuevo está condicionado por la necesidad de discutir nuevos problemas y de crear nuevos esquemas conceptuales. Muchos conceptos que ya se utilizaban en la ciencia, adquieren con frecuencia un sentido nuevo, diferente del anterior. Como ejemplo, pudiera señalarse la cibernética o la llamada "teoría general de los sistemas" (el enfoque sistémico).

El criterio propuesto es una condición necesaria, aunque insuficiente, en el sentido de que no permite diferenciar el lenguaje científico de una construcción con apariencia de ciencia, y es ahí donde reside su debilidad. Por ello sería conveniente denominarlo criterio mínimo.

Desde este punto de vista es semiótica en esencia, toda investigación científica que examine determinado fragmento de la realidad como un sistema de signos, y lo estudie, por lo menos, en uno de los tres aspectos que corresponden a la división de la semiótica: *sintaxis,* que estudia la estructura lógica de las expresiones lingüísticas y las reglas de su transformación, sin relación con el contenido que expresan; *semán-*

tica, que estudia los sistemas de signos como medio de expresión de un determinado contenido, sentido; y *pragmática*, cuyo objeto es la investigación de las posibilidades expresivas de los sistemas sígnicos, su efectividad para resolver un determinado círculo de tareas y otros problemas que tienen que ver con la relación entre el sistema sígnico y el hombre —o el equipo que imita el comportamiento lingüístico del hombre.

Los aspectos indicados pueden ser aislados hasta cierto punto, pues entre ellos no existe un vínculo unívoco. Pero la investigación sistemática de cualquiera de estos aspectos es imposible sin las correspondientes investigaciones de los demás. Para la descripción de las propiedades de los signos lógicos hay que indicar las condiciones de su utilización, es decir, investigar el aspecto pragmático; los conceptos semánticos de "verdadero" y "falso" se definen para las diferentes estructuras lingüísticas de diferente manera, es decir, dependen directamente de la sintaxis; algunas estructuras de los enunciados son imposibles de distinguir sin señalar los modos de su construcción o comprobación. En las investigaciones de modelos semióticos abstractos de la ciencia, desempeñan un importante papel algunos conceptos como metalenguaje, teoría y metateoría. Hay que considerar que el enfoque puramente semiótico de la comprensión del lenguaje y la teoría permite, en principio, definir los conceptos señalados de manera totalmente independiente de cualesquiera premisas gnoseológicas del lenguaje inicial de las teorías científicas formalizadas y examinarlos de forma totalmente sintáctica. Las expresiones del lenguaje formal pueden carecer de una interpretación, o admitir una interpretación diferente, y no cumplir ninguna función comunicativa. Este último hecho explica, en particular, por qué el intento de crear una teoría general de los signos sobre la base de la función comunicativa es tan unilateral como el de construir la semiótica a partir del enfoque behaviorista.

Sin embargo, el enfoque puramente semiótico adquiere un significado particular para el análisis gnoseológico de las teorías científicas: constituye la condición necesaria para asegurar la exactitud de ese análisis. Precisamente con este tipo de análisis se relaciona la aparición de los problemas metalingüísticos. Habitualmente se considera que la teoría es el reflejo de ciertas propiedades y relaciones esenciales de la realidad, es decir, que cumple un determinado papel gnoseológico. Por tal razón, la fundamentación gnoseológica de la teo-

ría exige la correspondiente fundamentación semántica y sintáctica, o sea, la teoría deberá ser no contradictoria internamente, poseer una interpretación, y las leyes de transformación de sus expresiones de partida deben conservar determinadas invariantes semánticas— significados de veracidad, admisiones gnoseológicas, etcétera—. Por ejemplo, la lógica clásica y la constructiva pueden interpretarse como modelos de un modo de pensamiento matemático distinto: en este caso la sintaxis y la semántica de estas teorías fijan con precisión esa diferencia. Sin el correspondiente análisis semiótico sería muy difícil establecer en qué consiste esta diferencia.

Como se sabe, las dificultades del análisis semiótico de los lenguajes naturales están relacionadas, en primer lugar, con la ausencia de una semántica y una sintaxis lógica formuladas con exactitud. Esto, a su vez, crea dificultades para la fundamentación tanto metodológica como gnoseológica de las teorías científicas, pues la mayoría de ellas —por lo menos una considerable parte de cada una— están formuladas sobre la base de un lenguaje natural. La formalización de las teorías científicas está llamada a resolver estos problemas.

De hecho, la tarea consiste en expresar el contenido esencial de una u otra teoría por medio de su forma lógica y resolver las tareas del análisis y la fundamentación de la teoría con ayuda de los métodos exactos de análisis del modelo obtenido. Sin embargo, una misma teoría en su contenido puede representarse mediante distintos sistemas semióticos abstractos (modelos), por lo que se plantea la tarea de comparar estos sistemas, así como los problemas de traducibilidad, carácter isomórfico, capacidad expresiva, etcétera.

Lo relacionado con este círculo de problemas determina, en esencia, aquello que habitualmente se denomina problemática semiótica del lenguaje de la ciencia, en la cual un rasgo característico del nivel actual del desarrollo de las investigaciones semióticas es que el estudio de las teorías científicas de contenido se realiza, por regla general, mediante los métodos de la representación mutua de sus análogos formales.

Se pueden ofrecer muchas otras consideraciones que evidencian la necesidad e importancia del análisis semiótico formal del lenguaje de las teorías científicas. Pero, incluso, la tendencia más general del desarrollo de la ciencia, o sea, la expansión de los métodos lógico-matemáticos y la cibernetización —como tendencia— de los métodos científicos, así como el desarrollo impetuoso de las investigaciones lógico-me-

todológicas, muestran el papel y el significado creciente de la problemática semiótica de la ciencia y de los métodos formales de su investigación.

2. PROBLEMAS DE ANÁLISIS SEMIÓTICO DEL LENGUAJE DE LA CIENCIA

Como se desprende de su título, en esta sección trataremos, fundamentalmente, el lenguaje de la ciencia actual, por lo menos de aquella parte de él que utiliza el lenguaje natural, hablado con convenciones más o menos claramente formuladas sobre la utilización de las expresiones de este lenguaje. Antes de pasar al examen de los problemas mencionados, consideramos prudente introducir algunos conceptos y principios que se utilizan comúnmente en los trabajos de lógica y semiótica, los cuales son necesarios, ante todo, para una formulación precisa de los problemas mismos, así como para su discusión.

Sabemos que todo lenguaje científico se basa en un lenguaje natural, hablado o literario. Con frecuencia es muy difícil establecer una frontera entre un lenguaje natural y uno científico, debido a que esa frontera es muy relativa y está históricamente condicionada. No obstante, la distinción del lenguaje de la ciencia como una abstracción en los marcos de la lógica tiene sentido, pues supone que el lenguaje natural está ya dado, por lo que también están dadas algunas expresiones lingüísticas de partida y los modos de su obtención —de su formación—, las cuales, con todo derecho, pueden ser consideradas como no sometibles a un posterior análisis lógico. Entre esas expresiones de partida incluimos, ante todo, la categoría de proposición narrativa, que en lo sucesivo denominaremos, como se acostumbra en la lógica, *proposición.* Las expresiones que forman parte de una proposición las designaremos como *términos,* y distinguiremos entre ellos los términos *descriptivos* y los *lógicos.* Entre los términos descriptivos se encuentran, en primer lugar, los *nombres propios,* es decir, expresiones que pueden hacerse corresponder con determinados objetos. Forman parte de ellos, no sólo los nombres como, por ejemplo, "Napoleón", "Moscú", "Sirio", sino algunas expresiones complejas que poseen el rasgo señalado, por ejemplo, "el jefe militar que perdió la batalla de Waterloo" o "el primer hombre que conquistó la cima del Everest"

(estas últimas expresiones se llaman en lógica *descripciones*, o más exactamente, descripciones *determinadas)*. Además, entre los términos descriptivos se encuentran las expresiones *predicativas* (predicados), o sea, expresiones que se puede hacer corresponder con ciertas "propiedades", "cualidades", "relaciones": por ejemplo, "metal", "hombre", "blanco", "electronconductible". La unión de categorías de expresiones" gramaticales heterogéneas como "hombre" y "blanco" está determinada por el hecho de que ambas son capaces de actuar en una proposición como *predicados* lógicos. En este último caso, las mismas pueden considerarse como *funciones proposicionales* de *n* lugares. Las expresiones predicativas de un lugar, como "metal" y "hombre" en calidad de predicados lógicos, pueden ser interpretadas como representativas de las propiedades correspondientes —"ser metal", "ser hombre"—. Pero pueden caracterizarse también como "expresiones que representan clases de objetos designados según ciertas propiedades".[3] Debido a ello, también se acostumbra llamarlas *nombres generales*. Como mostró Reichenbach, los nombres generales pueden tratarse como *variables* particulares de objetos.

Por lo tanto, la expresión "hombre" constituye un objeto arbitrario, indeterminado, de la clase "hombres", de la misma manera que la variable X constituye cierto número, indeterminado, del campo del significado X. El nombre general se diferencia de la variable de objeto habitual por el hecho de que aquí se indica en la expresión misma el campo del significado de la variable. La expresión "hombre" se interpreta como "una X tal que en un elemento de la clase hombres". Por tal razón, esas variables pueden denominarse también variables *especificadas*.

De los términos lógicos utilizaremos los de *conjunción, disyunción, implicación* y *negación*, los cuales están representados en el lenguaje natural por las expresiones "y", "o", "si . . . , entonces", "no", y pueden interpretarse como funciones proposicionales, cuyo campo de significado está definido en el conjunto de *enunciados*, proposiciones. Además, utilizaremos *cuantificador de generalidad* y *cuantificador de existencia* (en el lenguaje común están representados por los términos "todos" y "algunos"), así como los operadores de descripción determinada e indeterminada, que serán interpretados por nosotros en el sentido habitual.

1. A partir de los trabajos de G. Frege,[4] en la semántica lógica se acostumbra considerar como nombres todas las expresiones correctamente construidas. De acuerdo con Frege, cada nombre posee sentido y significado. Por significado del nombre propio se entiende aquel objeto que puede ser puesto en correspondencia con el nombre en cuestión. La relación entre el nombre propio y aquello que designa se acostumbra llamar relación de designación, y el objeto designado por el nombre, denotado del nombre. Pero el contenido del nombre propio no se agota con su denotado; cada nombre, además de indicar su denotado, expresa un conocimiento sobre él. Church ofrece el siguiente ejemplo: los nombres "Sir Walter Scott" y "el autor de *Waverley*" poseen un mismo denotado, pero el contenido del primer nombre implica que la persona designada poseía el título de Sir, el nombre de Walter y el apellido Scott, mientras que el contenido del segundo nombre, a diferencia del primero, implica que la persona nombrada escribió *Waverley* y, además, que fue su único autor, como resultado del artículo determinado "el". Por tal razón, Frege atribuye a cada nombre propio, además del denotado, el sentido, que él define como el modo en que el nombre indica su denotado.

Según esta teoría, es posible una situación en la cual el sentido del nombre puede ser comprendido, mientras su significado (denotado) permanece desconocido. Por ejemplo, comprendemos la expresión "el planeta del sistema solar más cercano a la Tierra", pero, simultáneamente, pudiéramos desconocer la respuesta a la pregunta: "¿Es Marte el planeta del sistema solar más cercano a la Tierra?"

La comprensión completa del lenguaje exige la comprensión del sentido de todas las palabras, aunque no el conocimiento obligatorio de cuáles sentidos determinan cuál denotado. En uno o diferentes lenguajes, los distintos nombres pueden ser sinónimos, es decir, expresar un sentido igual. Al mismo tiempo, un mismo nombre puede expresar en un lenguaje un sentido diferente: homónimos. La comprensión de las expresiones lingüísticas, como de su género de nombres, Frege la extiende a las proposiciones. A primera vista ello pudiera parecer poco natural, pero esa concepción posee ciertas ventajas, consistentes, ante todo, en que de esa forma se obtiene una generalidad y simplicidad en las teorías. Además, semejante enfoque permite extender a las proposiciones todo lo dicho con respecto a los nombres, y una vez que se introducen las variables para las proposiciones sus ventajas resultan evidentes.

Como denotado de las proposiciones, Frege postula dos objetos abstractos: la verdad y la falsedad, y señala que todas las proposiciones verdaderas tienen como denotado a "la verdad", mientras que las falsas poseen como denotado a "la falsedad". Es mucho más difícil definir lo que Frege llama el sentido de la proposición. Nosotros podemos definirlo como aquello que resulta asimilado si la proposición es comprendida, o como aquello que resulta general a dos proposiciones en diferentes lenguajes, si está bien traducido mutuamente. En la lengua rusa el término más difundido en este caso es el de "juicio". Pero hay que subrayar que en Frege el "juicio" está desprovisto de todo matiz psicológico: "no es la actividad subjetiva del pensamiento, sino el contenido objetivo capaz de convertirse en patrimonio de muchos".[5] Por tal razón, parece ser que el juicio puede considerarse como un cierto tipo de objeto abstracto, además de la verdad y la falsedad. Debido a que Frege no formuló el criterio de identidad de los sentidos, su concepto de sentido sigue estando insuficientemente definido, por lo que admite distintas interpretaciones.

"Sin duda —escribe Church— existe más de un significado de la palabra 'sentido', que depende del criterio adoptado para la igualdad de los sentidos; la elección de uno de ellos es cuestión de acuerdo o comodidad."[6]

El método de análisis del significado de las expresiones lingüísticas propuesto por Frege obtuvo una difusión bastante amplia y es conocido como el método de la relación de designación. Más tarde, Quine, Church y Russell propusieron otros métodos de análisis del significado diferentes al de Frege, pero que permanecían en los marcos del método de la relación de designación. Habitualmente, la relación de designación se entiende como relación entre la expresión lingüística y el objeto concreto o abstracto del cual es nombre esta expresión. La interpretación de las expresiones lingüísticas como nombres se basa en los tres principios siguientes que debe satisfacer todo lenguaje bien construido.

Principio de univocidad: cada expresión utilizada en calidad de nombre —en cierto contexto— sólo es el nombre de un objeto (Carnap la llama nominado del nombre en cuestión).

Principio de objetivación: la proposición habla —tiene que ver, incluye en su objeto— sobre los nominados que entran en su nombre.

Principio de sustitución mutua: si dos expresiones designan un mismo objeto, la proposición verdadera sigue siendo ver-

dadera cuando una de esas expresiones es sustituida por otra en la proposición.

Resulta claro que el principio de univocidad sólo puede tener lugar en un lenguaje correctamente construido; como tal puede actuar un lenguaje formalizado o un lenguaje natural unificado de la ciencia, mediante la atribución a una expresión no unívoca de un significado rigurosamente determinado, bien mediante su sustitución por dos o varios términos diferentes, a cada uno de los cuales se le atribuye uno solo de los significados iniciales.

El principio de objetivación posee un carácter algo indeterminado, como resultado de la indeterminación del término "nominado", del cual hablaremos más adelante. Su sentido consiste en que la afirmación contenida en la proposición se refiere a objetos designados por nombres que entran en la composición de esta proposición y no a los nombres mismos. Las alteraciones de este principio —en el caso de un uso autónomo de nombres— se eliminan generalmente con facilidad con ayuda de la introducción de nombres especiales, en particular, mediante comillas; por ejemplo, "*Hombre* suena majestuosamente". En este caso es evidente que se trata de la palabra "hombre". En la proposición "*Hombre* suena majestuosamente" ello se expresa de una forma carente de doble sentido.

El último principio se examina casi siempre como una consecuencia del principio de objetivación. De hecho, si dos nombres designan un mismo objeto y una proposición en la cual entra el primer nombre afirma algo verdadero sobre este objeto, la proposición en la cual, en lugar del primer nombre, se situó el segundo, afirma lo mismo sobre este mismo objeto y; por consiguiente, la misma también deberá ser verdadera. Por ejemplo, si es verdadero que "Cervantes fue contemporáneo de Shakespeare", también será verdadero que "el autor de *Don Quijote* fue contemporáneo de Shakespeare". Sin embargo, es fácil mostrar que esto no siempre es así. Russell ofrece el siguiente ejemplo.[7] Es verdadero que "Jorge IV quiso saber si Walter Scott era el autor de *Waverley*". Debido a que Walter Scott fue en realidad el autor de *Waverley*, podemos sustituir el nombre "autor de *Waverley*" por el de "Scott", pero se obtendrá una afirmación falsa: "Jorge IV quiso saber si Scott era Scott."[8]

El siguiente ejemplo se debe a Quine.[9] Si en la proposición verdadera "9 es necesariamente mayor que 7" sustituimos el

nombre "9" por el de "número de planetas" —sabemos que el número de planetas del sistema solar es igual a 9—, obtendremos la proposición falsa "el número de planetas es necesariamente mayor que 7". Los contextos en los cuales el principio de sustitución mutua se viola para ciertos nombres, recibieron más tarde la denominación de contextos intensionales —con respecto al nombre en cuestión—. Los contextos en que no se producen esas violaciones se denominan extensionales. Por lo tanto, existen dos tipos de contextos. En un caso, el significado del contexto depende de los nombres que entran en él y no depende del sentido de ellos —contextos extensionales—, mientras que en otro el significado del contexto depende no sólo del significado, sino también del sentido de los nombres que entran en él —contextos intensionales.

2. Por supuesto, la diferencia entre los contextos intensionales y extensionales no tiene un carácter constructivo. De hecho, para admitir que un determinado contexto es intensional es suficiente dar un ejemplo de violación del principio de sustitución mutua referente a cualesquiera de los nombres que entran en él. Al mismo tiempo, nunca podremos decir con certeza que un contexto resulta extensional con respecto a cualquiera de los nombres que forman parte de él, ya que para ello necesitaríamos demostrar que el significado del contexto no se modifica cuando se sustituye cualquiera de los nombres que entran en él por cualquier otro que posea el mismo nominado. Hay que señalar —es cierto— que en la práctica de las investigaciones científicas nunca necesitamos demostrar, si podemos expresarnos así, la extensionalidad absoluta del contexto, incluso de uno solo de los nombres que forman parte de ese contexto. Lo más que se pide es establecer si el contexto es extensional con respecto a ciertos nombres con un mismo nominado, como en el ejemplo con el nombre "Walter Scott" y "el autor de *Waverley*". Por tanto, la no constructividad del criterio de diferenciación de los contextos intensionales y extensionales no es un obstáculo para el establecimiento de esta diferencia en casos concretos, aunque, como es natural, sería más cómodo disponer de una solución general.

Frege fue el primero en observar que los contextos intensionales —indirectos, según su terminología— son contextos que contienen un lenguaje indirecto. Más tarde se descubrió que la clase de los contextos intensionales es extraordinaria-

mente amplia e incluye, además de los contextos indirectos, todas las proposiciones de opinión, es decir, contextos en los cuales se formula una relación de carácter cognoscitivo. Aquí se incluyen todos los contextos que contienen términos como "piensa", "considera", "supone", "duda", etcétera. Además, la clase de los contextos intensionales abarca todos los contextos modales que contienen los términos "necesariamente", "posiblemente", "se admite", etcétera, que expresan cierto vínculo necesario de los fenómenos y relaciones de obligación (ver el ejemplo de Quine).

Como dijimos, el propio Frege señaló que el principio de sustitución mutua en su aplicación a los nominados habituales de los nombres no siempre se cumple y, aunque en ningún lugar indicó con claridad la necesidad de eliminar las antinomias de la relación de designación, no es menos cierto que la diferencia por él apuntada entre el nominado corriente y el indirecto de los nombres, puede contemplarse como uno de los modos posibles de solucionar esta antinomia. Frege consignó que en todo lenguaje natural, además del uso directo *(gewöhnlich)* de nombres, tiene lugar también su utilización indirecta *(ungerade)*, cuando se convierte en nominado del nombre aquello que fue sentido en su uso directo. Por ejemplo, en la proposición "Jorge IV quiso saber si Scott era el autor de *Waverley*", los nombres "Scott" y "el autor de *Waverley*" son utilizados de manera indirecta, mientras que el nombre "Jorge IV" lo es de forma directa. El curso de su razonamiento —observa Carnap— crea la impresión de que esta distinción le parecía natural por sí misma, sin contradicción alguna, aunque a la mayoría de los lectores la misma les parece un argumento bastante fuerte en favor del método de Frege, por el hecho de que puede considerarse como un modo de solucionar la antinomia de la relación de designación. La introducción del concepto de utilización permite conservar el principio de sustitución mutua en los casos de contextos indirectos (en este caso, al nombre utilizado de forma indirecta le resulta equivalente otro nombre que tenga el mismo sentido que el primero en su utilización directa), aunque ello conduce, como ha indicado Carnap, a una serie de incómodas consecuencias, del tipo de multitud de nominados para las diferentes entradas de un mismo nombre —de hecho, un número infinito— e incluso para una misma entrada.[10]

Además, en esencia, semejante solución significa rechazar el principio de objetividad en el sentido riguroso de esta palabra. Desde este punto de vista, la posición de Quine, quien considera que en un contexto indirecto los nombres no designan nada, es decir, no son nombres en general, resulta más consecuente.

La solución de Quine, de no atribuir ningún nominado a los nombres que entran en el contexto intensional, permite evitar la antinomia a cuenta de la limitación del principio de sustitución mutua a los contextos extensionales, exclusivamente. Pero esa simplificación, a su vez, conduce a ciertas dificultades en el campo de la lógica modal.[11]

3. Church perfeccionó el método de Frege por medio de la introducción de diferentes símbolos para los nombres utilizados de forma directa e indirecta. Aunque esto conduce a complicaciones adicionales en forma de anotaciones, permite evitar la multitud de nominados para un mismo nombre, propia del método de Frege. Carnap opina que la forma dada por Church a este método, sostiene las ideas fundamentales del método de la relación de designación de manera menos contradictoria y más consecuente. Por tal razón, las complicaciones a que conduce deben examinarse más bien como un argumento contra el método de la relación de designación, en general, que contra la forma concreta que le otorga Frege.

Así, pues, los defectos del método de la relación de designación no se agotan sólo con las antinomias de la relación de designación. Resulta dudosa la justeza misma de interpretar como nombres todas las expresiones del lenguaje correctamente construidas. Ante todo, no está claro el problema de los significados, nominados, de las expresiones lingüísticas.

Cuando se dice que el objeto es el nominado del nombre, el término "objeto" se utiliza habitualmente en su sentido más amplio, teniendo en cuenta todo aquello que puede ser objeto del pensamiento. Church, por ejemplo, define el objeto, la cosa, como algo que puede ser nombrado.[12]

Por tanto, como nominados de las expresiones lingüísticas pueden actuar objetos de las más diversas naturalezas: el átomo, una diferencia, la capacidad de diluirse en agua, dios, y el hecho de que París es la capital de Francia. Por supuesto, en toda teoría científica, el problema de cuáles son precisamente los objetos que pueden considerarse nominados de las expresiones lingüísticas de esa teoría, se resuelve de forma

concreta, por lo que no hay peligro de que en una categoría lingüística caigan objetos de diferentes naturaleza.

No obstante, en cualquier teoría científica se conserva una diferencia entre los llamados objetos empíricos y los teóricos. Se denomina objetos empíricos a los que existen realmente en el espacio y el tiempo, los cuales pueden ser observados directamente por el investigador —la observación puede efectuarse directamente, con ayuda de los órganos de los sentidos, así como por medio de instrumentos—. El problema de la existencia de tales objetos se resuelve, en última instancia, en dependencia de la posibilidad de que sean observados por el investigador mismo o por otros. Entre los objetos empíricos se distinguen a veces los objetos empíricos hipotéticos, los cuales, debido a sus propiedades o a los medios de observación, no pueden observarse directamente, sino como resultado de su influencia sobre otros objetos observables. Las micropartículas en la física constituyen ejemplos de semejantes objetos empíricos hipotéticos. No provoca dudas la aceptación de esos objetos en calidad de nominados de las expresiones lingüísticas.

Sucede de manera diferente en el caso de los objetos abstractos que surgen como resultado de una idealización abstrayente, cuando el investigador decide abstraerse de aquellos rasgos del objeto sin los cuales no puede existir como objeto de la realidad. Tal es, por ejemplo, el concepto de punto material, el de número, y algunos otros objetos de la matemática y la mecánica. Los objetos abstractos se introducen en la ciencia con ayuda de definiciones claras, en las cuales se fijan las admisiones aceptadas con respecto a sus rasgos. En las definiciones de los términos de objetos abstractos primarios no entran otros objetos abstractos, aunque a partir de objetos abstractos primarios pueden formarse objetos abstractos de segundo, tercer u otro orden.

4. La adopción de objetos de ese tipo en calidad de nominados de las expresiones lingüísticas —los llamados términos teóricos— nos hace regresar al viejo problema del realismo y el nominalismo. La diferencia entre el nominalismo y el realismo platónico actuales no consiste, por supuesto, en que el primero niega y el segundo admite la existencia real de los objetos abstractos. Se trata, fundamentalmente, de la admisión de unas u otras formas de expresión. Los términos puramente teóricos pueden encontrarse tanto en los lenguajes

nominalistas como en los platónicos. La introducción en el lenguaje de unos u otros términos constituye todavía una condición suficiente para la aceptación de una determinada ontología. Quine fue el primero en observar que "la ontología a la que el uso del lenguaje obliga al hombre, abarca precisamente aquellos objetos que él considera que entran (...) en el campo de significados de sus variables".[13]

"El mundo de los objetos es el campo del significado de las variables. Existir significa ser un significado de una variable."[14]

La diferencia entre los lenguajes nominalistas y los platónicos en la ciencia actual, consiste, precisamente, en que los primeros no admiten los objetos abstractos en calidad de campo de significados de las variables cuantificables.

La tesis fundamental del nominalismo actual podría formularse en las siguientes proposiciones:

a) Es posible un lenguaje nominalista en el cual podrían expresarse todas las ciencias naturales.

b) Este lenguaje puede ser construido de forma tal que el campo de significados de sus variables admita exclusivamente objetos concretos.

c) Los objetos abstractos pueden ser construidos como sincategoremáticos, es decir, como expresiones que no designan nada, por lo que no deberán introducirse las variables que les corresponden.

Sin embargo, esto no impide al nominalista la cuantificación de objetos abstractos en general a condición de que pueda encontrar definiciones de sentido razonable que expliquen semejante cuantificación. Estos objetos, al igual que antes, siguen siendo ficciones para él, y su relación con ellos puede ser explicada simplemente como un modo del lenguaje, pues podrá en cualquier momento ampliar este tipo de cuantificación a cuenta de los modos habituales de expresión cuando se utilizan variables, cuyo campo de significado está compuesto solamente por objetos concretos.

Por tanto, los representantes de la actual línea nominalista consideran que la utilización de términos puramente teóricos en la ciencia sólo es admisible en calidad de giros implicados, y la corrección de la introducción de estos términos en la teoría científica deberá demostrarse con el hallazgo de un pro-

cedimiento efectivo de reducción de los mismos a términos puramente empíricos.

Esto significa que el punto de vista realista debe ser modificado mediante la adopción de algunos criterios nuevos sobre el significado de esos términos. Ejemplos de tales criterios pueden ser las exigencias de verificabilidad o traducibilidad al lenguaje de la experiencia.

Sin embargo, como mostraron las investigaciones, el problema de la reconstrucción del lenguaje sobre la base del enfoque nominalista conduce, además de a una seria complicación del mismo, a un conjunto de dificultades de principio —tenemos en cuenta el problema de la reducción de los predicados dispositivos, la ausencia de criterio para la distinción de los términos puramente teóricos y empíricos, las dificultades de traducción al lenguaje nominalista de ciertas expresiones examinadas en el conocido artículo de L. Henkin.[15]

Se plantea entonces que, si el enfoque nominalista tropieza con semejantes dificultades, ¿por qué no mantenerse entonces en el punto de vista del realismo científico? Más aún si tenemos en cuenta que la propia utilidad y necesidad de las abstracciones científicas, en principio, no suscitan dudas. Carnap, por ejemplo, defiende la justeza del realismo científico cuando afirma que la adopción de determinados campos de objetos con determinados tipos de ellos no necesita justificación teórica, ya que "no presupone ninguna afirmación de realidad", es decir, que el problema sobre la existencia real en general no tiene sentido. "En el sentido científico, ser real significa ser un elemento del sistema."[16]

Por supuesto, la cuestión acerca de la adopción de una u otra forma lingüística —de unos u otros objetos— puede examinarse desde el punto de vista de la finalidad o utilidad, y una valoración de ese tipo constituye un fundamento lo suficientemente serio para decir si se adoptan o rechazan unos u otros objetos. Pero si reconocemos que la ciencia estudia el mundo real, estaremos también obligados a reconocer que las abstracciones científicas deben constituir un reflejo de ciertos aspectos, propiedades y leyes de este mundo para que esas abstracciones sirvan de instrumento efectivo del conocimiento. Estamos impelidos a formular un criterio preciso de diferenciación de las abstracciones científicas de las innecesarias y vacías, capaces de hacernos equivocar. Uno de esos criterios

efectivos de diferenciación es la posibilidad de principio de excluir las abstracciones, de reducirlas a términos empíricos.

5. Volvemos al problema de la reducción nominalista de los términos teóricos. Las objeciones de Russell a la distinción de Frege en sentido y significado se refieren también, en lo fundamental, al caso en que el nombre —expresión designadora, según la terminología de Russell— no posee denotado. Frege considera que en ese caso el nombre tiene sentido pero no significado, denotado. Russell opina que es insatisfactorio que la expresión de una misma forma sintáctica posea denotado en un caso, y en otro no. Por ejemplo, las expresiones "El rey de Francia" y "El rey de Inglaterra".[17] La expresión "El rey de Francia", dice Russell, aunque tiene sentido, no tiene denotado.. "Por ello puede suponerse que la expresión 'El actual rey de Francia es calvo' debería carecer de sentido, pero no es así porque es, simplemente, falsa."[18]

Russell considera artificial, y no concordante con la utilización real de las descripciones, la decisión de Frege de atribuir semejantes expresiones como denotado de una clase vacía. Russell señala una serie de dificultades con las cuales tropieza el método de Frege para el análisis de los significados; en particular, en caso de violación de la univocidad del significado de la descripción surge el siguiente problema: según la ley del tercero excluido, o *bien* "*A* es *B*", o bien "*A* no es *B*" debe ser verdadero. A partir de ello, o bien "El actual rey de Francia es calvo", o bien "El actual rey de Francia no es calvo" deberá ser verdadero. Sin embargo, si enumeramos las cosas que son calvas y después las que no lo son, en ninguna de las listas encontraremos al actual rey de Francia. Por tanto, nos encontramos ante una especie de violación de la ley del tercero excluido.[19]

La teoría de Russell evita todas estas dificultades a cuenta de excluir todas las expresiones de individuos —descripciones y nombres propios— y las de clases, de entre las que designan en el sentido estricto del término. Las expresiones que componen la proposición se consideran como carentes de variables de significado independiente, las cuales sólo adquieren significado en la composición de la proposición. Por tal razón, desde el punto de vista de Russell, la unidad de significado, de sentido, sólo puede ser la proposición.

Carnap considera una deficiencia del método de Russeli la negación del significado de las expresiones de individuos y las

de clases. Nos parece, por el contrario, que la interpretación de esas expresiones —de hecho, esto puede extenderse a todas las expresiones que entran en la composición de la proposición— como representantes de la *posibilidad* del significado que se realiza en los marcos de diferentes enunciados, las afirmaciones, las narraciones, etcétera, coincide correctamente con la comprensión intuitiva del sentido, significado.[20]

El método de análisis de los significados, distinto del método de la relación de designación, fue propuesto por Carnap, quien se negó a interpretar como nombres las expresiones lingüísticas. Conforme a su concepción, cada expresión designadora puede ser caracterizada como poseedora de extensión e intensión, las cuales coinciden parcialmente con los conceptos de Frege, significado y sentido. Como extensión del predicado, por ejemplo, se toma un conjunto de objetos que satisfacen ese predicado, y en calidad de intensión, la propiedad correspondiente. Como extensión de la proposición actúa su valencia lógica y como intensión, el juicio que expresa, el cual se interpreta de la misma forma que lo hace Frege.[21] La forma que Carnap escoge para su método excluye la antinomia de la relación de designación y atribuye a las expresiones con una misma intensión el principio de sustitución mutua, en los marcos exclusivos de los contextos extensionales. De la misma forma, el método de la extensión y la intensión evita la multitud de nominados en las introducciones directas e indirectas de nombres, propia del método de la relación de designación, debido a que la extensión de la expresión es siempre la misma y no depende del contexto. Aunque el método de la extensión y la intensión carece de las deficiencias propias del método de la designación, no es menos cierto que los defectos inherentes a éste reducen considerablemente el valor que tiene como método de análisis semántico de los lenguajes naturales.

Según Carnap, dos proposiciones expresan un mismo juicio si son lógicamente equivalentes, por lo que hay que considerar equivalentes los dos juicios siguientes: "Todos los líquidos son elásticos" y "La clase de sustancias que no son líquidos o son elásticos es universal". Sin embargo, difícilmente esto corresponde con la comprensión intuitiva del sentido, del significado. Más difícil aún es considerar como sinónimos las dos proposiciones siguientes, lógicamente equivalentes:

$$(\underline{p} \supset \underline{q}) \supset \underline{r} \quad \text{y} \quad (\underline{p} \vee \underline{r}) \wedge (\neg \underline{q} \vee \underline{r})$$

Los juicios no constituyen simplemente una información, sino que son respuestas a determinadas preguntas que surgen en el proceso del conocimiento. Por ejemplo, si se pregunta "¿Son elásticos todos los líquidos?", la respuesta natural será: "Todos los líquidos son elásticos"; pero la repuesta "Toda sustancia, o no es un líquido o es elástica" puede prestarse a confusión.

La introducción por Carnap del concepto de generalidad de la estructura intensional —isomorfismo intensional— para la explicación del carácter sinónimo de las proposiciones tampoco ofrece nada, ya que no todas las proposiciones igualmente construidas del lenguaje natural poseen un mismo sentido y, a la inversa, no siempre las proposiciones con un mismo sentido poseen la misma estructura sintáctica.

6. En la actualidad se acostumbra diferenciar dos tipos de conceptos semánticos: los conceptos semánticos que se refieren a la teoría de la veracidad de las proposiciones de los lenguajes formales —teoría de la referencia—, y los referentes a la teoría del significado —del "sentido", según la terminología de Frege—. En los marcos de la teoría de la referencia se investigan los conceptos semánticos de veracidad, realizabilidad, observación lógica, entre otros. Como ejemplos de conceptos semánticos del segundo tipo están los de significado, sinonimia, contexto intensional.

La teoría de la referencia es la parte más elaborada de la semántica lógica. Esto no es casual. La semántica lógica o "pura" se elaboró como semántica de los lenguajes lógico-matemáticos formales, es decir, de los cálculos formales deductivos de determinados tipos. Para el cálculo de enunciados pueden ser utilizados los sistemas axiomáticos de distinto tipo o los del tipo de Gentzen. El significado verdadero de una fórmula de cálculo correctamente construida se determina mediante las correspondientes reglas de referencia. En lo que respecta al sentido, el "sentido" de cualquier fórmula correctamente construida no tiene ningún otro contenido a no ser que la fórmula esté construida con símbolos de partida del sistema, según las reglas de construcción de este sistema. Las propiedades de las operaciones lógicas en los sistemas axiomáticos se dan por los axiomas o por los sistemas de axiomas.

En los sistemas de Gentzen, el sentido de las operaciones lógicas está dado por las reglas de introducción y extracción de los correspondientes símbolos de las operaciones, mientras que el sentido de las variables en ambos casos no tiene con-

tenido alguno, aunque puede hacérseles corresponder objetos de cierto campo de ellos. Debido a la resolubilidad del problema del reconocimiento de una fórmula de cálculo de enunciados correctamente construida, puede resolverse con efectividad la cuestión del sentido, del significado de las fórmulas correctamente construidas de ese tipo de sistemas. En diferentes sistemas de cálculo puro de predicados observamos la misma situación. La diferencia consiste en que, en este caso, nos enfrentamos a variables de distinto tipo, aunque las reglas de construcción y transformación de las fórmulas fijan también esta diferencia. Para los cálculos aplicados de predicados de primer orden, la diferencia existe también con respecto a la efectividad de reconocimiento de las fórmulas correctamente construidas. Por ejemplo, si se trata de una expresión con descripciones como $\exists$ y $\underline{P}$ (ιx $\underline{Q}$ ($\underline{x}$), $\underline{y}$) no siempre podremos decir si esta expresión es una fórmula bien construida, pues para ello debemos conocer si la fórmula $\exists!\,\underline{x}\ \underline{Q}\ (\underline{x})$ es demostrable, pero debido a la insolubilidad general del problema de la solución para el cálculo de predicados, esta tarea no es resuelta con efectividad.[22]

Independientemente del problema de la solución, en este caso es importante resolver otra cuestión, la de que los lenguajes lógico-matemáticos más desarrollados son lenguajes extensionales, es decir, están construidos de forma tal, que en ello no surge el problema de los contextos no extensionales, o, por ejemplo, el de los nombres vacíos —sólo pueden introducirse descripciones una vez demostrada la existencia y unicidad del objeto descrito—. Tarski escribe al respecto que en la construcción de teorías formalizadas "es menester despreciar los significados de todas las expresiones que se encuentran en la disciplina en cuestión, y al crear una teoría deductiva debemos obrar como si sus enunciados fueran sólo una combinación de signos desprovistos de contenido alguno".[23]

La eliminación del concepto de significado de los lenguajes antes mencionados es un intento de solucionar una serie de problemas de la teoría del significado en términos de la teoría de la referencia. Surge la siguiente cuestión: ¿la utilización exclusiva de lenguajes extensionales no constituye acaso una

base lingüística suficiente para cualesquiera investigaciones lógicas y empíricas; o, dicho con otras palabras, es posible que cualquier sistema lingüístico, no extensional, se traduzca adecuadamente, es decir, sin pérdida de información, a un sistema extensional? La respuesta positiva a este problema se conoce como la tesis de extensionalidad.[24] La cuestión de si la tesis de extensionalidad se cumple o no, queda por resolver. En ciertos campos estrechos de la ciencia es posible la traducción de las proposiciones no extensionales a un sistema lingüístico extensional, lo cual ha sido demostrado, por ejemplo, en los diferentes sistemas de aritmética formal. Por otro lado, como han demostrado las investigaciones de Reichenbach, Lewis, Hempel y otros, el intento de formalización, digamos, del concepto de ley científica por medio de la lógica extensional, tropieza con grandes dificultades.[25] La posibilidad de resolver este problema con los medios de la semántica lógica formal ha sido discutida también en la literatura lógica soviética.[26]

Las objeciones más serias a la tesis de la extensionalidad provienen, al parecer, del teorema de Gödel sobre la incompletitud de la aritmética formalizada. Pero puede aspirarse a evitar las consecuencias del teorema de limitación de la formalización con ayuda de una construcción consecuente de la jerarquía de los metalenguajes, en la cual cada uno de los metalenguajes siguientes esté provisto de variables de un orden más elevado, de forma que resulte posible en él la descripción de la semántica del metalenguaje precedente.

De todas formas, incluso si la tesis de extensionalidad fuera demostrada, ello no nos libraría de todos los problemas. Estaríamos obligados a demostrar aún, como observa Carnap, que el lenguaje extensional no sólo es posible para el desarrollo de la ciencia en su conjunto, sino, también, que es técnicamente más efectivo que los lenguajes no extensionales. "Aunque las proposiciones extensionales implican reglas de deducción más simples que las no extensionales, de todas formas el lenguaje no extensional ofrece con frecuencia expresiones más simples, por lo que, incluso, la operación deductiva con una proposición no extensional es a menudo más simple que con una proposición extensional compleja, a la cual puede ser traducida."[27]

Por el momento, tanto las formas extensionales como las no extensionales del lenguaje poseen sus ventajas, por lo que queda abierta la cuestión de cuál de esos lenguajes es, en términos generales, más simple y efectivo.

7. Si pasamos ahora a los lenguajes reales de la ciencia observaremos que en la actualidad todos ellos —con exclusión de su parte matemática— son, en lo fundamental, lenguajes naturales, con un pequeño número de acuerdos claramente formulados sobre el uso de ciertos términos y signos especiales. El estudio de los problemas de la semiótica aplicado a los lenguajes científicos naturales resulta necesario por muchas causas.

En primer lugar, esto está relacionado, como ya dijimos, con el problema de la posibilidad de expresión de las teorías científicas de contenido en un lenguaje extensional.

En segundo lugar, el desarrollo de la teoría de los mecanismos informativo-lógicos —las tareas de la conservación y el procesamiento de la información, de la creación de una teoría de los mecanismos de traducción y referencia automáticos— exigió precisar conceptos como "vínculo según el sentido", "sinonimia", "contenido de sentido", etcétera.

Fue precisamente el problema de la posibilidad de expresar las teorías científicas de contenido en un lenguaje extensional el que obligó a los lógicos a remitirse a conceptos como sentido y significado. En otras palabras, a pesar de que las consideraciones relacionadas con el desarrollo de la cibernética desempeñaron su papel en la elección de la línea de las investigaciones científicas en el campo de la lógica, el problema del sentido y el significado fue dictado, sin duda, por las necesidades interiores más generales del desarrollo de la propia ciencia lógica. Es evidente que puede considerarse que las necesidades de la cibernética desempeñaron su papel en la elección de la línea de las investigaciones lógicas en la medida en que se da preferencia a las teorías constructivas con respecto a las no constructivas.

Por último, en tercer lugar, la reforzada matematización del conocimiento y el desarrollo de la metodología de las ciencias naturales plantearon a los investigadores de las ciencias naturales la necesidad de un análisis minucioso del lenguaje de sus ciencias. El problema del *status* de las construcciones puramente teóricas en física, la ausencia de principios claros y evidentes que permitan vincular los formalismos matemáticos con el concepto de lenguaje común y, por último, la dependencia, claramente expresada, entre el concepto de verdad y práctica como criterios de la verdad con cierta comprensión del contenido, sentido, de los enunciados teóricos, son todos

problemas que exigen de distinta manera la precisión de nuestras concepciones sobre el significado de los signos y de las expresiones sígnicas.

El desarrollo de las ciencias naturales y, en primer lugar, de secciones de la física, como la mecánica cuántica y la relativista, condujeron al surgimiento de una situación en la cual muchos fenómenos de la naturaleza no podían ser descritos por medio de los conceptos del lenguaje natural o los de la física precedente. "La nuevas teorías —escribe el conocido físico inglés P. Dirac—, independientemente de la forma matemática, estaban construidas sobre la base de conceptos físicos que no podían ser explicados por medio de los conceptos antes conocidos, e incluso, no podían explicarse adecuadamente y, en general, con palabras."[28]

En la física teórica, el lenguaje primario en que se realiza la descripción de ciertos fenómenos o resultados experimentales es el lenguaje de la matemática, "precisamente, el esquema matemático, el cual permite a los físicos predecir los resultados de futuros experimentos".[29] La dificultad consiste en que el físico no puede limitarse sólo a un esquema matemático. Está obligado a discutir sus problemas con otros científicos, tanto con físicos como con los no físicos. Más aún, según afirma Heisenberg, la posibilidad de descripción en un lenguaje natural constituye el criterio del grado de comprensión alcanzado en el campo correspondiente.

La paradoja real consiste en que no hay un lenguaje natural en el que se puedan describir sin contradicciones estas nuevas situaciones.

Para resolver estas dificultades Bohr se vio obligado a formular un principio metodológico según el cual el análisis adecuado de los fenómenos cuántico-mecánicos exige la aplicación de conceptos clásicos mutuamente excluyentes —el llamado principio de complementariedad—. La dificultad de la comprensión de los fenómenos de la mecánica cuántica se profundiza más, porque la posibilidad de utilizar la práctica como criterio de la verdad se ve estrechada en estas condiciones, en primer lugar, por la correlación de incertidumbre, que limita el grado de exactitud de nuestras mediciones, y, en segundo término, por la necesidad de describir los resultados del experimento en términos y conceptos de la propia física clásica. "Por mucho que se alejen de los marcos de la explicación física clásica, todos los datos experimentales *(evidence)* deberán describirse por medio de conceptos clásicos."[30] La explicación

de esta necesidad, según palabras de Heisenberg, puede encontrarse en el planteamiento del físico alemán Weizsäcker acerca de que "la naturaleza existía antes que el hombre, pero el hombre existía antes que las ciencias naturales", donde la primera parte del planteamiento justifica la física clásica con sus ideales de objetividad total, y la segunda explica por qué no podemos evitar la necesidad de aplicar conceptos clásicos.

De todas formas, la ausencia de principios claros y evidentes que permitan vincular los formalismos matemáticos con los conceptos del lenguaje común, la limitación de la aplicación de ciertas leyes de la lógica clásica habitual —por ejemplo, la ley de tercero excluido— a las situaciones cuántico-mecánicas, y, por último, la limitación de la posibilidad de utilizar la práctica como criterio de la verdad son, junto con otras dificultades de la física teórica, las que empujaron a los físicos a un análisis minucioso del lenguaje de su ciencia.

Por ejemplo, las conocidas discusiones sobre el "determinismo" y el "indeterminismo" en la física cuántica, tienen que ver, en primer lugar, con el problema de la interpretación, del sentido, de estos términos —el carácter estadístico de las leyes fundamentales de la mecánica cuántica no ofrece dudas.

Carnap, en su último libro: *La fundamentación filosófica de la física*, dedica todo un capítulo al análisis de estos conceptos. Diferencia la "causalidad", que vincula al concepto de predictibilidad y a los conceptos de determinismo e indeterminismo como formas de expresión de la "estructura causal del mundo". Por cierto, entiende por determinismo el de Laplace: determinismo en sentido estricto, y por indeterminismo, el carácter estadístico de la expresión de ciertas leyes de la mecánica cuántica.

La mayoría de los físicos soviéticos se inclina a una comprensión más amplia del determinismo, en la cual entran también las leyes estadísticas. El indeterminismo, en este caso, es considerado como la negación de la condicionabilidad causal de los fenómenos de la naturaleza. Es evidente que para resolver el problema del "determinismo" y el "indeterminismo" en la mecánica cuántica, puede resultar muy útil el análisis de los significados de los términos correspondientes. La referencia a la práctica, al experimento, nada resuelve en este caso, ya que las discrepancias tienen que ver, precisamente, con los resultados del experimento mismo.

Por tanto, el problema sobre la veracidad de una u otra formulación científica no siempre puede resolverse por medio de

una comprobación práctica directa; el análisis del problema de la verdad y de la práctica como criterio de la verdad sólo puede aspirar a ser total y multilateral en caso de que se realice conjunta y paralelamente con el análisis del significado de las expresiones lingüísticas.

La creciente matematización del conocimiento, el desarrollo de la metodología de las ciencias naturales y la aparición de nuevas disciplinas teóricas como la lingüística estructural, son factores que permitieron, en no poca medida, la difusión de los métodos lógico-matemáticos y experimentales del estudio del lenguaje.

El estudio sistemático de los lenguajes naturales lo realizaron hasta los últimos tiempos, en lo fundamental, los lingüistas y los filósofos. La preocupación de los lógicos por los problemas de la semántica descriptiva, como dijimos, estuvo relacionada con la posibilidad de una expresión adecuada de los conceptos científicos en el lenguaje extensional. Pero, además, ese estudio tiene también interés por el hecho de que el análisis del lenguaje científico natural, e incluso del lenguaje común, resulta de utilidad para la semántica pura. Muchos conceptos de la semántica son conceptos pragmáticos explicitados que se utilizan en el análisis de los lenguajes naturales. Sin embargo, el estudio semiótico de los lenguajes naturales en los marcos del enfoque lógico-semántico tropieza, como demostramos, con dificultades muy serias. En primer lugar, esto se refiere a las explicaciones de conceptos como sentido y significado. Carnap escribe, por ejemplo, que las objeciones hechas a estos conceptos por filósofos como Quine y White están basadas no sólo en "los hechos, por todos reconocidos, de la dificultad técnica de las investigaciones lingüísticas, de la no autenticidad inductiva y la indeterminación de las palabras del lenguaje común",[31] sino también en consideraciones de principio. Quine, por ejemplo, duda de la existencia misma de las correspondientes explicaciones. Por tal razón, exige que sea demostrada la validez científica de estos conceptos por medio del establecimiento de los criterios empíricos, behavioristas.

Es por ello que las investigaciones lógico-lingüísticas del lenguaje deben ser complementadas por los correspondientes estudios en los campos de la psicología, la sociología, la etnografía, etcétera.

3. CARÁCTER CIENTÍFICO GENERAL DE LOS MÉTODOS DE LA SEMIÓTICA

El carácter científico general del enfoque semiótico, de los métodos semióticos, está condicionado por numerosas causas. Primero, como hemos tratado de demostrar en la sección precedente, los problemas semióticos del lenguaje de toda ciencia y de todo lenguaje de la ciencia, es decir, los problemas de su unificación, de explicación de términos y eliminación de dobles sentidos e imprecisiones y la aclaración de la estructura lógica de las teorías científicas, constituyen una importante tarea de cualquier ciencia en una determinada etapa de su desarrollo. Segundo —y esto debe enfatizarse—, la problemática semiótica constituye con frecuencia *en esencia,* una parte inseparable de los problemas de muchas disciplinas científicas —cibernética, informática, psicología y otras—, aunque ella se describa en el sistema de otros conceptos. Se pudiera brindar como ejemplo la genética actual. Las "líneas de vinculación" que estudia la genética, determinadas por los fenómenos de la herencia, desempeñan un importantísimo papel en la existencia misma de la vida orgánica. Estas líneas se distinguen por la inmensa cantidad de información trasmitida y por la asombrosa exactitud de la trasmisión. Los modos de codificación y trasmisión de esta información fueron hasta hace poco totalmente desconocidos. Actualmente, puede considerarse como algo firmemente establecido el que en los procesos de codificación y descodificación de la información hereditaria desempeñan un gran papel las moléculas polímeras gigantes, los llamados ácidos desoxiribonucleicos y ribonucleicos (ADN y ARN), los cuales son capaces de conservar y procesar información de un orden de $\log 4^{10\,000} = 20\,000$ *bit* (como comparación señalaremos que la cifra 4^{100} supera muchas veces el número de átomos en todo el sistema solar). Si tenemos en cuenta que semejante cantidad de información se codifica en un alfabeto de cuatro letras, cuyo papel lo desempeñan la adenina, la guanina, la citosina y la timina, resultará evidente el interés que puede tener para los especialistas en teoría de la información y construcción de computadoras.[32] El desciframiento y la descripción de los procesos señalados, de lo cual hasta hace poco se ocupaban en lo fundamental los especialistas en genética, han atraído en los últimos tiempos la atención de lingüistas, especialistas en teoría de la informa-

ción, y otros, y se traducen al lenguaje de las disciplinas correspondientes.

Por último, dijimos ya que puede considerarse semiótica toda investigación que examina su objeto como un sistema sígnico y lo estudia, por lo menos, en uno de los siguientes aspectos: sintáctico, semántico o pragmático. El conjunto formado actualmente por los conceptos y procedimientos —métodos— fundamentales de la investigación semiótica se elaboró, fundamentalmente, en los marcos del enfoque lógico-lingüístico, y la problemática fundamental de estas investigaciones de una u otra manera está relacionada con el problema del signo y el significado o del designado y el designante. En las diferentes operaciones de traducción o de recodificación se modifica sólo el significante (aspecto material del signo), al tiempo que el significado mismo (el sentido) permanece inmutable. Esta última circunstancia le permitió al conocido matemático norteamericano C. Shannon ofrecer una definición general del sentido, del significado, como invariante en las operaciones mutuamente unívocas de traducción y recodificación.[33]

Las operaciones señaladas se aplican ampliamente en el trabajo de las computadoras modernas, en las cuales toda la información que llega se traduce previamente al lenguaje formal, convencional, de la máquina y después se procesa. El resultado definitivo se somete a una segunda recodificación, es decir, se traduce entonces al lenguaje común. Las operaciones de recodificación indicadas son realizadas por el hombre o por un mecanismo automático que utiliza un determinado lenguaje intermedio de programación como el Fortran, el Algol y otros. De aquí se desprende inevitablemente una analogía que permite examinar no sólo la máquina como un semejante del hombre, sino, a la inversa, examinar al hombre como un mecanismo automático que procesa información según determinadas reglas. Surge entonces un círculo de problemas que se refieren a las semejanzas y diferencias entre el lenguaje de las máquinas y el lenguaje humano. No podemos detenernos mucho en este problema, por lo que sólo señalaremos algunas particularidades importantes, desde el punto de vista semiótico, que diferencian el lenguaje de la máquina del lenguaje del hombre: el lenguaje de la máquina, a diferencia del humano, es totalmente extensional, es decir, todas las operaciones sobre expresiones del lenguaje se realizan de manera puramente formal; los significados de todas las expresiones y operaciones del lenguaje de la máquina poseen un carácter exclusivamente

operacional; el lenguaje de la máquina tiene un carácter mucho más rígido que el humano, es decir, las expresiones son rigurosamente unívocas y determinadas.

Las particularidades indicadas, propias del lenguaje de la máquina, imponen determinadas limitaciones a las posibilidades de la computadora en la modelación de cierto tipo de actividad intelectual del hombre, a lo cual nos referiremos más adelante. En general, el problema de la semejanza y la diferencia entre la actividad intelectual del hombre, de la máquina o del animal, está muy relacionado con la cuestión de la semejanza y la diferencia entre los sistemas semióticos utilizados por el hombre, la máquina y los animales o, por lo menos, puede estudiarse este aspecto.

Los datos sobre los procesos comunicativos de los animales, acumulados en los últimos tiempos, permiten establecer una serie de particularidades en el lenguaje de los animales.[34]

Entre estas particularidades se encuentran las siguientes:

a) Todas las comunicaciones lingüísticas de los animales tienen un carácter biológicamente relevante, claramente expresado, es decir, la trasmisión de información tiene un sentido exclusivamente adaptativo.

b) Carácter situacional de los símbolos, señales, del lenguaje de los animales, es decir, cada señal está rigurosamente correlacionada con una determinada clase de situaciones —por ejemplo, la señal de peligro.

c) La ausencia de diferentes niveles en el sistema lingüístico —a diferencia del lenguaje humano, donde el análisis semiótico es posible a nivel de los fonemas, las palabras, las oraciones, los textos, etcétera—, es decir, cada señal de los animales es desarticulada.

Los representantes de la escuela etológica (del griego *ethos:* regla, costumbre) descubrieron que todo el complejo de la conducta instintiva de los animales, sobre todo de los inferiores, puede desmembrarse en una serie de actos típicos, separados, de comportamiento, lo que permite confeccionar una especie de "catálogo" de los actos elementales de conducta. Existen suficientes fundamentos para considerar que los distintos aspectos de semejante conducta instintiva son una especie de respuestas a ciertas señales de otros individuos. Los actos de conducta elementales actúan en calidad de tales seña-

les. Por tanto, la conducta instintiva misma de los animales puede calificarse como un determinado sistema semiótico. Un ejemplo típico de ese sistema es el llamado lenguaje de la danza de las abejas.[35]

El estudio comparativo del lenguaje del hombre y de los animales permite no sólo una comprensión más amplia de las leyes de funcionamiento de los sistemas semióticos, sino, al mismo tiempo, comprender más profundamente lo específico del lenguaje propiamente humano, su origen y su papel en la sociedad humana.

Es muy difícil responder al problema de qué es lo que constituye lo específico del lenguaje humano. Este problema es objeto de numerosas investigaciones y no menos numerosas discusiones. Por tal razón, nos limitaremos aquí a tratar algunos rasgos específicos del lenguaje humano —diferente del lenguaje de la máquina o de los animales— que tienen interés para nuestra exposición.

Ante todo, el lenguaje humano se distingue por su carácter multisemántico, por la complejidad de los significados que se refieren a una misma unidad sígnica, es decir, es mucho mayor el grado de flexibilidad en comparación con los lenguajes de los animales o las máquinas. Esto encuentra expresión en la semántica (una misma palabra puede tener diferentes significados, fenómeno éste conocido como homonimia); en la sintaxis (una misma información puede ser expresada en enunciados sintácticamente heterogéneos); o en la pragmática (una misma información, en diferentes situaciones, puede provocar reacciones de respuesta totalmente distintas).

Un rasgo característico del lenguaje humano lo es también su pluralidad de niveles, es decir, la presencia de diferentes niveles en los marcos de un mismo sistema lingüístico y, simultáneamente, la de sistemas semióticos de distinto nivel.

La investigación de los diferentes niveles en los marcos de un mismo sistema lingüístico, en particular, de las relaciones entre sistemas semióticos de diferentes niveles, es actualmente una de las tareas más importantes de la lingüística y la semiótica.[36] Puede esperarse que la existencia de una red complicada de sistemas semióticos de diferente nivel sea el resultado de un prolongado desarrollo histórico del lenguaje. A favor de este punto de vista testimonian los resultados de numerosas investigaciones en el campo de la lingüística histórica y la etnografía. La interacción de diferentes sistemas se-

mióticos de múltiples niveles y la considerable variabilidad de esa interacción permiten utilizar con efectividad el lenguaje en el proceso de comunicación social de diversos niveles y de adaptación social en la ontogénesis, es decir, en el proceso de desarrollo individual de la personalidad.

Otra importante peculiaridad del lenguaje humano es su capacidad de acumular y trasmitir información, en el proceso de filogénesis, de una generación a otra. En el proceso de conocimiento, la humanidad crea numerosas estructuras modeladoras, las cuales, como reflejo de la realidad objetiva y al ser trasmitidas de generación en generación, son capaces de complicarse y reorganizarse, de conservar y acumular información sobre la realidad y de actuar como instrumento del conocimiento teórico y como base de las transformaciones revolucionario-prácticas. Los diferentes sistemas semióticos poseen diferente fuerza modeladora, o sea, el círculo de fenómenos que pueden ser descritos en los lenguajes de los diferentes sistemas semióticos no es el mismo. Los lenguajes naturales conversacionales son los que poseen la máxima fuerza modeladora. En los últimos tiempos adquiere un significado especial la investigación de las capacidades modeladoras de los sistemas semióticos formales. Los lenguajes formales, aunque son inferidos al lenguaje natural en el sentido antes indicado, lo superan considerablemente en cuanto a rigurosidad y precisión y, lo que es más importante, abren la posibilidad de una amplia automatización de la actividad intelectual. La presencia de sistemas semióticos formales junto al lenguaje natural es también una importante peculiaridad del lenguaje humano.

El estudio comparativo de la interacción entre diferentes sistemas semióticos dentro de los marcos de varias ciencias —lingüística, matemática, psicología, fisiología de la actividad nerviosa superior, etc.— permite establecer hoy determinadas leyes propias de todos los lenguajes humanos, las cuales pueden ser explicadas por ciertos rasgos generales de la organización del sistema nervioso del hombre y la organización del colectivo social. Resultan muy interesantes en este sentido las experiencias de estudio comparativo de los lenguajes naturales y formales, las cuales permiten explicar algunas particularidades de la sintaxis de los lenguajes naturales, como resultado de ciertas limitaciones impuestas por las particularidades del sistema nervioso del hombre a las condiciones de expresión en el lenguaje de un determinado contenido lógico;

entre esas particularidades se encuentran, por ejemplo, la profundidad de las proposiciones y algunos otros parámetros sintácticos.

Por tanto, se logra así llegar al problema de la correlación entre la estructura del lenguaje y las particularidades del mecanismo que utiliza ese lenguaje. Esta cuestión tiene especial interés para la solución del problema de crear equipos automáticos de traducción y referativos, es decir, tiene relación directa con las tareas de la cibernética técnica. A la luz de esta última tarea, resulta posible mostrar toda la importancia del estudio comparativo de los diferentes niveles de los sistemas semióticos, de lo cual hemos hablado ya. La investigación de las correlaciones entre los sistemas sígnicos de las diferentes ciencias —física, química, biología, etc.— y la solución del problema de su descripción formal, que presupone un cierto ordenamiento de ellos según sus niveles de complejidad, constituye justamente el camino por donde hay que buscar la solución de la tarea de automatizar los procesos intelectuales básicos. El crecimiento exponencial del conocimiento humano, el desarrollo torrencial de sistemas semióticos cada vez más modernos, provocan el fenómeno conocido como crisis informativa, la cual conduce a un abrupto aumento de las dificultades en el campo de la organización de la información científica, de los procesos de comunicación.[37]

La recuperación científica de la información y la creación de sistemas informativos de recuperación hicieron nacer la informática, en la cual la problemática semiótica ocupa un lugar rector. En la informática se utilizan extensamente diferentes tipos de lenguajes: lenguajes naturales —con limitaciones estrictamente establecidas referentes a la terminología científica— lenguajes de programación y, también, lenguajes informativos formalizados. Por ello, para la informática es muy importante el estudio de los distintos lenguajes que resultan apropiados para la fijación y el almacenamiento de información y la construcción de los mismos. Tiene particular interés para la informática el estudio de los posibles métodos de referencia formalizada, así como el problema de la traducción por máquinas, es decir, precisamente, aquellos problemas que son semióticos por su esencia. Hay que subrayar que muchos científicos se inclinan a considerar la informática como parte componente de la cibernética. Por ejemplo, el académico Kolmogorov define la cibernética "como la ciencia sobre ambos".[38] El académico Berg también examina las tareas de

los modos de recibir, almacenar, procesar y utilizar la información en máquinas, organismos vivos o en combinaciones de la automatización de los servicios informativos: traducción, referencias, creación de sistemas de información, etcétera, como problemas de la cibernética aplicada actual.[39] Por tanto, el vínculo antes señalado de los problemas puramente semióticos con los de la cibernética técnica se revela aquí con bastante claridad. Este mismo vínculo se establece con facilidad por medio de la teoría de la información. Como se sabe, en la teoría estadística de la información, cuyos comienzos se deben al trabajo de Shannon *Teoría matemática de la comunicación*, la información del mensaje no se relaciona en forma alguna con su sentido, y se define no como característica de cierto conocimiento, sino como medida de eliminación de la incertidumbre (entropía) de su elección, entre una multitud de mensajes posibles. Desde este punto de vista, mientras menos probable sea un mensaje, mayor será la magnitud de información que se le atribuirá. Es a todas luces evidente que semejante enfoque ignora por completo el aspecto valorativo de la información; es intuitivamente evidente la idea de que el valor de la información depende en primer lugar del sentido del mensaje y no del grado de su probabilidad.

En la llamada teoría semántica de la información (Carnap y Bar-Hillel) la información del mensaje se define como el conjunto de las consecuencias introducidas en él, y se incorporan ciertas características cuantitativas para valorarla. Pero la teoría semántica de la información excluye también de su examen los problemas del sentido y la interpretación. La medida cuantitativa de la información, propuesta por los autores, se determina, en última instancia, por medio de la entropía. En el trabajo de E. K. Voishvillo[40] encontramos un intento de interpretación semántica de la teoría estadística de la información y de unificación de las dos teorías expuestas.

Hay que señalar que la magnitud de la información, tal como se determina en la teoría estadística, constituye su característica absoluta, al tiempo que el valor de la información depende de su receptor, y por esto es relativo. Con otras palabras, la evaluación del valor relativo de la información exige tener en cuenta el aspecto pragmático.

L. Brillouin planteó que el proceso de evaluación de la información recibida sobre la base de un determinado criterio de valor es semejante a un proceso de filtración.[41] Por cierto,

el filtro posee dos importantes propiedades: es irreversible y rebaja la cantidad general de información. La tarea consiste en investigar los diferentes métodos para determinar el valor de la información obtenida, es decir, diferentes métodos de filtración, y tratar de descubrir sus características generales. Este enfoque permite valorar relativamente la información. Una misma información puede tener para el receptor un valor esencialmente diferente en dependencia del modo de filtración que ha adoptado o de su "orientación", para hablar en el lenguaje de la psicología, y evitar, al mismo tiempo, el subjetivismo en su evaluación —pueden examinarse filtros típicos.

Debido a ello, la lógica y la metodología de la ciencia están interesadas en el estudio de la dependencia entre el valor informativo relativo de las afirmaciones admitidas en una determinada teoría científica y la estructura lógica de las proposiciones de partida de esa teoría, es decir, del tipo de filtro. No despierta menos interés el estudio de la estructura informativo-lógica de los principios de partida de estas teorías. (Entendemos por estructura informativo-lógica las relaciones lógicas entre clases de afirmaciones admitidas en la teoría en cuestión, las cuales poseen un diferente grado de valor informativo.)

La discusión de todos estos problemas resulta de un interés particular en relación con las tareas de selección, almacenamiento y procesamiento de información por medio de computadoras. Para finalizar el examen del problema del vínculo entre la semiótica y la teoría de la información, puede afirmarse que el círculo de problemas discutidos y resueltos en los marcos del enfoque semiótico permite separar, no sólo la problemática general de disciplinas científicas como la teoría de la información, la cibernética teórica y aplicada, y la informática, sino descubrir los vínculos sujetos a ley, más profundos entre estas disciplinas, que permiten plantear el problema sobre la *unidad* del conocimiento científico en general.

La función principal de todo sistema semiótico es la modelación del mundo, el reflejo, en el lenguaje, de la realidad existente. En el proceso de conocimiento de la realidad se establecen fronteras "rígidas" entre los objetos aislados, las clases de objetos, sus propiedades y relaciones entre ellos. Con otras palabras, en el proceso del conocimiento tiene un lugar permanente la discretización lingüística del *continuum* témporo-espacial real. Cada vez que nuestra conciencia fija un determinado fenómeno es como si realizara un corte en este espacio, de la misma forma que el cuerpo físico efectúa un corte en

el espacio, sin violar por ello su continuidad. Las expresiones lingüísticas por medio de las cuales fijamos los cortes realizados en el espacio de la experiencia, constituyen una especie de puntos de referencia con los que señalamos el movimiento en ese espacio, de la misma forma que describimos el *continuum* espacial con ayuda de números reales. Pero, en la física, no se fijan tanto los fenómenos concretos de la realidad como las propiedades y relaciones sustanciales de identidad de diferentes objetos y fenómenos. Esto otorga al lenguaje un cierto grado de generalidad, al tiempo que amplía la esfera de su aplicabilidad. El lenguaje se complica a cuenta de la introducción de construcciones que no constituyen fijaciones directas de nuestra experiencia sensorial, sino que son generalizaciones de esta experiencia. Se trata de los nombres generales de objetos, nombres de propiedades, relaciones, etcétera. Pero la información sobre la realidad objetiva se fija en distintos sistemas lingüísticos, los cuales se diferencian entre sí, no sólo por un modo determinado de desmembración de la realidad en objetos, propiedades, sino por la estructura semántica que corresponde al modo de desmembración en cuestión. Por consiguiente, una u otra descripción de la realidad en los marcos de cierto lenguaje no puede ser dada independientemente de la estructura lógica del lenguaje mismo de descripción, o con otras palabras, la estructura del lenguaje nos dicta "el modo de visión del mundo", ya que la semejanza, por ejemplo, entre las propiedades físicas de la realidad puede representarse en diferentes lenguajes dentro de un mismo cuadro del mundo, sólo a condición de la semejanza o parecido entre las estructuras de los lenguajes descriptivos de partida. Ahí reside el sentido racional de la concepción de la relatividad lingüística de Whorf.[42]

Al adoptar una u otra teoría científica, el investigador acepta el cuadro del mundo que le corresponde, el cual se distingue por un modo determinado de discretización de la realidad y por una estructura específica: por ejemplo, el cuadro del mundo de la mecánica clásica, relativista o cuántica. Pero, debido a que un mismo fragmento de la realidad puede ser descrito en casi cualquier lenguaje, por diferente que sea la estructura semántica de los lenguajes de descripción, resulta evidente entonces que la estructura del lenguaje posee una independencia relativa. Desde este punto de vista, es comprensible por qué en los lenguajes desarrollados es imposible establecer una total correspondencia entre los términos de ese lenguaje

y los elementos de la realidad extralingüística. La estructura del lenguaje *no constituye* una *correspondencia exacta* con la estructura de la realidad. El lenguaje de la ciencia moderna contiene una serie de términos que carecen de análogo directo en el mundo real, aunque a ellos corresponden diferentes idealizaciones por medio de las cuales organizamos las regularidades empíricas observables y formulamos las leyes generales. Aquí entran abstracciones de órdenes superiores a la primera, tales como "conjunto", "función", "operador", y los llamados conceptos operacionales.

El hecho de la independencia relativa de la estructura lógica del lenguaje y el carácter contradictorio de las relaciones entre la estructura del lenguaje y la de la realidad objetiva, se manifiesta con claridad en el análisis de la matemática moderna. El lenguaje de la matemática moderna, aunque tiene un origen empírico, nada nos dice directamente sobre los fenómenos concretos de la realidad. Por otro lado, muchas de las estructuras matemáticas más abstractas encuentran una amplia interpretación de contenido. En el conocido artículo "La arquitectura de la matemática", el grupo de matemáticos franceses conocido por N. Bourbaki escribe lo siguiente:

> En su forma axiomática, la matemática constituye una acumulación de formas abstractas —estructuras matemáticas— y resulta, aunque en esencia no se sabe por qué, que ciertos aspectos de la realidad experimental entran en algunas de estas formas como resultado de una predeterminación. Por supuesto, no puede negarse que la mayoría de estas formas tuvieron al aparecer un contenido intuitivo totalmente determinado; pero al eliminarle conscientemente este contenido, se les supo otorgar toda su efectividad, la cual constituye su poder, y se hizo posible que adquirieran nuevas interpretaciones y que pudieran cumplir plenamente su papel en el procesamiento de los datos.[43]

Por tanto, a nivel de las estructuras matemáticas abstractas, se manifiesta con particular evidencia el papel del lenguaje como instrumento de conocimiento de la realidad circundante, cuyas leyes más generales y profundas encuentran reflejo en las más abstractas formas lingüísticas.

La unidad de la sintaxis lógica del lenguaje de las diferentes teorías (la semejanza de sus estructuras lingüísticas) puede

examinarse como reflejo de una unidad de las teorías más científicas. En las ciencias naturales modernas, la mayoría de las teorías físicas, por ejemplo, puede considerarse que corresponde a un grupo de transformaciones: la mecánica clásica está determinada por el grupo de transformaciones de Galileo, y la teoría especial de la relatividad por el grupo más general de las transformaciones de Lorentz. Ciertos grupos de transformaciones caracterizan también las teorías de las diferentes interacciones en la física de las partículas elementales. La muestra de teorías físicas por medio de los grupos correspondientes de transformaciones hace posible el estudio de las leyes de la realidad objetiva a nivel de las estructuras lingüísticas abstractas correspondientes. Desde este punto de vista resulta totalmente explicable la capacidad aparentemente apriorística —señalada por Bourbaki— de las estructuras matemáticas abstractas de reflejar las leyes de la realidad objetiva. La unidad del conocimiento científico —de las teorías científicas— está condicionada por la presencia de las invariantes más generales, que actúan, por un lado, como consecuencia de la unidad de la cultura humana y, por otro, como resultado de la unidad del propio mundo material que encuentra su reflejo en el conocimiento humano. En calidad de tal invariante puede considerarse, en particular, un cuadro científico del mundo. Por supuesto, el cuadro científico del mundo cambia periódicamente en el proceso de desarrollo histórico de la ciencia, pero en cualquier intervalo de tiempo posee un grado suficiente de estabilidad y significación general. La excepción la constituyen los momentos de las llamadas "revoluciones científicas", las cuales pueden definirse *ad hoc*, simplemente, como sustitución de la invariante.

Las invariantes de las teorías científicas señaladas pueden representarse en forma de ciertos tipos de estructuras semióticas abstractas, subordinadas a determinado principio de ordenamiento. Si esto es realmente así, entonces el modo de reconstrucción de la matemática propuesto por Bourbaki sobre la base del principio de jerarquía de las estructuras puede ser aplicable a la creación de un cuadro estructural-ordenado, único, del conocimiento humano.[44]

Hasta ahora hemos examinado el enfoque semiótico y los problemas con él relacionados desde el punto de vista de su papel y lugar en el conocimiento científico. El último grupo de problemas que deseamos examinar aquí se refiere a la cuestión del papel de los signos y los sistemas de signos en el com-

portamiento del hombre. Esta problemática abarca una esfera extraordinariamente amplia e incluye problemas referentes al campo de la psicología industrial y social, la etnografía o la llamada antropología cultural y social, la historia de la cultura, etcétera.

Nuestro examen del papel de los sistemas sígnicos en el comportamiento del hombre se limitará a los marcos de las analogías posibles con el comportamiento de los autómatas, lo que nos permitirá conservar cierto grado de integridad en el enfoque y señalar, al mismo tiempo, los caminos posibles para unificar las tareas de la cibernética teórica y de las disciplinas consideradas tradicionalmente como pertenecientes a las ciencias humanas. Goza de reconocimiento general el importante papel de los signos y sus sistemas en la dirección de la conducta humana. El surgimiento mismo del lenguaje en el proceso de la actividad laboral del hombre es una confirmación seria de este planteamiento. La historia del desarrollo de la cultura humana puede examinarse convencionalmente desde este ángulo visual como la evolución del sistema de signos que determina los parámetros fundamentales del comportamiento social del hombre. La asimilación de ciertos sistemas lingüísticos (de la cultura) por el hombre, que posteriormente condicionan en grado sumo su conducta ulterior, puede compararse aquí con el proceso de programación. Las leyes principales de semejante programación han sido bien estudiadas en la psicología, en los ejemplos de la asimilación de la lengua materna, la aparición del lenguaje interior, el descubrimiento de la simbología de lo inconsciente. Lo esencial es que los programas así introducidos regulan el comportamiento del hombre durante toda su vida, hasta cierto punto, de manera aparentemente automática, inconsciente.

La analogía con el equipo cibernético puede proseguirse, examinando al hombre como un autómata que transforma las señales que recibe en una secuencia de órdenes reguladoras de la conducta del autómata mismo. Las analogías señaladas son, por supuesto, simplificaciones del comportamiento lingüístico real del hombre, aunque, al mismo tiempo, nos permiten comprender mejor la esencia de aquellas tareas situadas en el camino de la creación de autómatas que aprenden y se construyen a sí mismos, como los estudiados por von Neuman y Kolmogorov. Desde este punto de vista, la tarea fundamental relacionada con la solución del problema de la traducción maquinizada y la referencia se reduce a la descripción formal

de la intuición lingüística del hombre, es decir, a una clara expresión del programa automático —inconsciente— de comportamiento que permite al hombre realizar las operaciones indicadas.

Por otro lado, la descripción de la conducta propiamente humana, desde el punto de vista de la semiótica, puede darse por medio de la descripción de los sistemas semióticos de diferente nivel que utilizan lenguajes naturales y artificiales, etiquetas, lenguajes artísticos, ritos de culto, etcétera, y de los modos de interacción de estos sistemas y de su dirección. Al evaluar un colectivo de hombres, en la descripción se introducen condiciones adicionales relacionadas con la presencia de los vínculos sociales en el interior del colectivo y el grado de difusión de los sistemas semióticos de cierto nivel, en particular, los medios masivos de comunicación: televisión, radio, prensa y cine. El análisis de la problemática semiótica en los marcos del colectivo humano es también necesario para la comparación del colectivo humano con los sistemas de los equipos de computación automáticos. Este tipo de investigaciones permitirá pasar, de las posiciones generales sobre la limitación de las posibilidades de las máquinas, a una medición cuantitativa exacta de tales limitaciones. Al mismo tiempo, posibilitará examinar el lenguaje humano como un caso particular de lenguaje de los sistemas "racionales" y crear una jerarquía íntegra de modelos cibernéticos de evolución de los seres racionales que funcionan en un complejo medio, heterogéneo, estacionario y casual.[45] Tales experiencias presentan un gran interés para el estudio de las leyes generales del desarrollo del lenguaje de los seres racionales, lo cual es muy interesante en relación con el problema en discusión del contacto con civilizaciones extraterrestres, así como de ciertas leyes generales de la evolución de la vida racional.

NOTAS

[1] Un ejemplo característico lo constituyen los trabajos del propio Morris, en los cuales el intento de una exposición sistemática de las ideas y conceptos de la semiótica tiene una inclinación francamente behaviorista, y cuyos resultados como han señalado varios investigadores, resultan inaplicables a la explicación de muchos fenómenos lingüísticos.

Los posteriores intentos de algunos lingüistas por ofrecer definiciones generales de los conceptos semióticos sobre la base de la función comunicativa del lenguaje, resultaron también unilaterales.

[2] La lingüística estructural puede definirse hoy, en opinión de los especialistas, como una teoría de los sistemas matemáticos que constituyen modelos de lenguajes naturales. Como mostraron las recientes investigaciones de Chomsky, Bar-Hillel y otros, los modelos de gramáticas constructivas pueden examinarse en la misma línea que la teoría matemática de los autómatas. La tipología de los modelos propuestos por Chomsky para las gramáticas constructivas, permite construir la cadena natural de los modelos matemáticos, cuyos eslabones extremos son la máquina de Turing y los autómatas finales, mientras que los eslabones intermedios están constituidos por los modelos generadores de los componentes. De esa forma se establece un vínculo natural entre la lingüística estructural y la cibernética teórica y, con ello, entre los métodos semióticos y los de la cibernética teórica.

[3] E. K. Voishvilo: *El concepto*. Moscú, 1967, p. 13.

[4] G. Frege: "Über Sinn und Bedentung." En *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik*. Bd. lc., 1892; *Funktion, Begriff, Bedentung. Fünflogische studien*. Göttingen, 1962.

[5] Über Sinn und Bedentung", *op. cit.*

[6] A. Church: *Introducción a la lógica matemática*, t. I. Moscú, 1960, p. 351.

[7] B. Russell: "On Denoting". En *Mind*, vol. XIV, 1905.

[8] Según Carnap, Russell fue el primero en prestar atención al carácter paradójico de la violación del principio de sustitución mutua, el

cual fue posteriormente llamado, a proposición de Carnap, antinomia de la relación de designación.

[9] W. V. Quine: "Notes on Existence and Neccssity". En *Journal of Philosophy*, vol. XL, 1943.

[10] R. Carnap: *Significado y necesidad.* Moscú, 1959, pp. 203-204.

[11] *Ibid.*

[12] A. Church, *op. cit.*, p. 342.

[13] W. V. Quine, *op. cit.*, p. 118.

[14] Para ser más exactos, una variable cuantificada. Ver W. V. Quine: "Designation and Existence". En *Journal of Philosophy*, vol. XXXVI, 1939, p. 708.

[15] L. Henkin: "El análisis nominalista del lenguaje matemático. En *La lógica matemática y su aplicación.* Moscú, 1965.

[16] R. Carnap, *op. cit.*, pp. 301-310.

[17] El artículo de Bertrand Russell "On Denoting" fue publicado en el año 1905, cuando en Inglaterra gobernaba el rey Eduardo VII.

[18] B. Russell, *op. cit.*, p. 448.

[19] El propio Russell resuelve esta paradoja por medio de la introducción primaria y secundaria de la expresión "El rey de Francia" en la proposición.

[20] Taube escribe al respecto: "Russell y muchos otros lógicos después de él, consideraron el significado (el sentido) como una propiedad de los juicios íntegros y no de los términos, y átribuyeron a éstos un significado incompleto, el cual se complementaba con su papel en los juicios. Entonces había que reconocer como incompleto el significado de los juicios mismos —el cual se complementa por su contexto— en el mismo sentido en que se considera incompleto el significado del término individual." Ver M. Taube: *Las computadoras y el sentido común.* Moscú, 1964, p. 110.

[21] Ya señalamos que Frege no establece en ningún lugar las condiciones de identidad de los juicios, por lo que Carnap señala que, si Frege estuviera dispuesto a elegir en calidad de tal condición la equivalencia *L*, entonces su concepto de intensión de la proposición —juicio— coincidiría con el de Frege.

[22] Ver E. D. Smirnova y P. V. Tavaniets: "La semántica en la lógica". En *Semántica lógica y lógica modal.* Moscú, 1967.

[23] A. Tarski: *Introducción a la lógica y la metodología de las ciencias deductivas.* Moscú, 1948, p. 183.

[24] R. Carnap, *op. cit.*

[25] C. G. Hempel: "Review on H. Reichenbach's nomological statements and admissible operations". En *Journal of Symbolic Logic*, vol. XX, 1955.

[26] Ver I. N. Solodujin: "Consideraciones sobre las leyes de la naturaleza y su análisis lógico". En *Problemas de lógica y teoría del conocimiento.* Moscú, 1968; V. K. Finn: "Acerca de algunos conceptos semánticos para los lenguajes simples". En *La estructura lógica del conocimiento científico.* Moscú, 1965.

[27] R. Carnap, *op. cit.*

[28] P. Dirac: *Principios de mecánica cuántica.* Moscú, 1960.

[29] W. Heisenberg: *Física y filosofía.* Moscú, 1963, p. 141.

[30] N. Bohr: *La física atómica y el conocimiento humano.* Moscú, 1961, p. 60.

[31] R. Carnap, *op. cit.*, p. 339.

[32] I. M. Iaglom: "Cibernética y teoría de la información". En *Sobre algunos problemas de la matemática moderna y la cibernética,* Moscú, 1965.

[33] K. Shannon: "Algunas tareas de la teoría de la información". En *Trabajos sobre teoría de la información y cibernética.* Moscú, 1963.

[34] A veces, algunos autores prefieren hablar del sistema de señalización en los animales con el fin de diferenciarlo del lenguaje en el sentido estricto de la palabra, es decir, del lenguaje humano. Sin entrar en detalles, queremos señalar que dicha sustitución nada ofrece en esencia, pues el lenguaje humano se diferencia de cualquier sistema semiótico independientemente de que lo denominemos o no lenguaje; al mismo tiempo, la definición bastante amplia de "lenguaje" de los animales, permite ofrecer una clasificación natural de los sistemas semióticos según el grado de su desarrollo y acercamiento al lenguaje humano, es decir, establecer una concepción más general e histórica sobre estos fenómenos.

[35] I. Jalifman: *Las abejas.* Moscú, 1963.

[36] Ver, por ejemplo, la investigación de los niveles fenomático, lexicográfico o gramatical en la lingüística histórica o descriptiva o los aspectos antes señalados —sintáctico, semántico y pragmático— en la semiótica. Como ejemplo de investigaciones de sistemas semióticos de diferentes niveles, puede servir el estudio de las relaciones entre los lenguajes formalizados naturales y artificiales.

[37] J. Cole: *La comunicación en la ciencia moderna.* Moscú, 1975; A. I. Mijailov y otros: *Fundamentos de la informática.* Moscú, 1968.

[38] A. N. Kolmogorov: "La cibernética". En *Gran enciclopedia soviética.* Moscú, 1958, p. 51.

[39] A. I. Berg: "Prólogo" a la edición en ruso del libro de M. Taube: *Las computadoras y el sentido común* (ed. cit.).

[40] E. K. Voishvilo: "Intento de una interpretación semántica, de los conceptos estadísticos de información y entropía". En *La cibernéti-*

tica al servicio del comunismo. Moscú, 1966; "La información semántica. El concepto de información extensional e intensional". En *La cibernética y el conocimiento científico moderno.* Moscú, 1976.

[41] L. Brillouin: *La ciencia y la teoría de la información.* Moscú, 1960.

[42] B. L. Whorf: "Ciencia y lingüística". En *Lo Nuevo en Lingüística* 1, Moscú, 1960.

[43] N. Bourbaki: "La arquitectura de la matemática". En *Ensayos sobre historia de la matemática.* Moscú, 1963, pp. 258-259.

[44] Para una idea acerca de los trabajos que se realizan en esta línea ver I. A. Akchurin: "El problema de la adecuación de los conceptos fundamentales a las estructuras reales". En *Problemas de historia y metodología del conocimiento científico.* Moscú, 1974; *La unidad del conocimiento científico-natural.* Moscú, 1974; Y. I. Kulakov: "La estructura y el cuadro físico único del mundo". En *Voprosi Filosofii* Nº 2, 1975.

[45] Ver I. M. Krein: "El lenguaje de la sociedad humana como caso particular de lenguaje". En *Materiales del VII simposio de toda la Unión sobre lógica y metodología de la ciencia.* Kiev, 1976

CAPÍTULO XII

LA INTERRELACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS Y LOS ENFOQUES CIENTÍFICOS GENERALES DEL CONOCIMIENTO

C
d
e
e
A
c

Como se ha mostrado en los capítulos anteriores, la aparición de los métodos científicos generales —de origen no filosófico— es una particularidad básica de la ciencia contemporánea. La esencia del contenido de cada uno de estos métodos ha sido examinada minuciosamente en los capítulos previos del libro. Ahora orientaremos la atención del lector a la *interrelación* orgánica de todos los métodos científicos generales.

Es necesario reiterar una vez más que la unidad gnoseológica de todos estos métodos, su interrelación e interdependencia —tanto en el plano genético como en el de contenido— están internamente determinadas por el entrelazamiento de los procesos de matematización y cibernetización del conocimiento científico contemporáneo. La tendencia siempre creciente al acercamiento de los medios matemático-deductivos —rigurosamente teóricos— y experimental-descriptivos del conocimiento y de disciplinas científicas íntegras de un carácter semejante, provocó gradualmente la transformación de ciertos métodos de la matemática, de la lógica matemática y de la cibernética en métodos científicos generales. Los autores del presente trabajo consideramos también que merecen esta denominación los métodos que pueden ser utilizados —aunque sea potencialmente, como posibilidad, o perspectivamente— en cualquier campo del conocimiento, en cualquier disciplina científica.

Por cierto, hay que hacer la salvedad de que en la valoración del *status* científico de muchos métodos modernos de origen matemático y cibernético no existe unanimidad entre los diferentes investigadores. Por ejemplo, E. M. Orudzhev divide estos métodos en *generales:* incluye aquí el deductivo, el analítico, el matemático, el sintético, la analogía, la modelación, el enfoque sistémico y otros; e *integrativos:* cibernético, funcional, probabilístico, estadístico, etcétera; afirmando que los primeros son aplicables en todos los campos del conocimiento, y que los

segundos sólo lo son en algunas ciencias.[1] E. P. Sitkovski toma el término "métodos integrativos" y lo difunde en los conceptos correspondientes —"conceptos integrativos"—; escribe entonces que se trata "de aquellos métodos y conceptos que se utilizan en muchas ciencias particulares y no en alguna de ellas...",[2] es decir, no en todas. Al mismo tiempo, más adelante, la propiedad de *integratividad* es identificada por él, en esencia, con lo *científico general* y ambos términos se conciben entonces como sinónimos.[3] Aunque estos conceptos están indudablemente vinculados entre sí y el surgimiento de los medios científicos generales del conocimiento es, por supuesto, una de las manifestaciones de la integración de la ciencia, no es menos cierto que no son idénticos: el volumen del concepto "métodos científicos generales" es sólo una parte del concepto "métodos integrativos". En nuestra opinión, en un sentido más preciso, sólo pueden catalogarse de científicos generales aquellos métodos que son por principio utilizables al investigar los fenómenos más diversos de la realidad, y por ello, en todas las ramas del conocimiento, sin limitación. Es perfectamente natural que no todos los métodos de este tipo "logren" manifestar súbita y plenamente su carácter científico general; en muchos casos, éste se manifiesta en los comienzos sólo como potencia heurística, como posibilidad de principio, para revelarse con suficiente plenitud de manera gradual, con el transcurso del tiempo. Lo científico general de los métodos de investigación debe examinarse en la dinámica de su desarrollo.

A la luz de lo expuesto, se puede señalar otro rasgo que caracteriza la interrelación de todos los métodos científicos generales, su comunidad tipológica: la equivalencia de principio de sus posibilidades heurísticas, en el sentido de que abarcan los campos más diversos —en última instancia, todos sin excepción— del conocimiento científico. El contenido del concepto científico general unifica en esencia todos esos métodos.

Un aspecto sustancial de la comunidad tipológica de los métodos científicos generales es la orientación, dominante en ellos, hacia un examen extremadamente lógico, teórico-abstracto de los objetos de investigación. Como ha señalado B. V. Biriukov, todos "los métodos de la investigación científica (...) pueden separarse (...), en términos generales, en métodos del conocimiento que poseen fundamentalmente un carácter teórico, lógico, conceptual, y métodos cuyo centro de gravedad no yace en el aspecto lógico de la cuestión —en un sentido amplio—, sino en la operación real con objetos materiales".[4] Entre los

métodos del segundo género se encuentran, por ejemplo, la modelación material, física, mientras que la mayoría absoluta de todos los demás métodos científicos generales —formalización, semiotización, probabilístico-estadístico, algoritmización, teórico-informativo, teoría de los juegos, etcétera, se incluye en los del primer género. Como se sabe, en los marcos del propio enfoque modélico del conocimiento crece continuamente el peso específico y el papel de los métodos de la modelación ideal, lógica, lo que constituye uno de los argumentos en favor de la conclusión general sobre el carácter teórico, fundamentalmente lógico, de los métodos científicos generales de la investigación. Por cierto, no debe olvidarse, en este caso, la conocida relatividad de la delimitación misma de todos los métodos y la contraposición de un tipo de ellos a otro, ni tampoco el acercamiento creciente de los aspectos "teórico" y "experimental" de la investigación,[5] de lo cual es clara evidencia la modelación misma o los métodos del reconocimiento de imágenes. De todas formas pensamos que el dominio del carácter lógico, especulativo y teórico en el examen de los objetos es una importante particularidad de los métodos científicos generales de la investigación, una de las fuentes gnoseológicas interiores de su interrelación.

Consideramos que merece atención lo específico del vínculo entre los métodos científicos generales y los medios matemáticos formales de la investigación, pues en él reside un aspecto particular de la interrelación de los métodos de este tipo.

La cuestión es que el fundamento metodológico de los métodos científicos generales es mucho más amplio que los formalismos por sí mismos, los cuales son utilizados por aquéllos en uno u otro campo del conocimiento, y esto permite variar, dentro de amplios marcos, el vínculo entre las ideas conductoras de la investigación, su esqueleto conceptual, y la implementación formal, lógico-matemática, de estas ideas. Es justamente esta circunstancia la que hace posible que cada uno de estos métodos traspase los marcos de aquellas disciplinas en las cuales se forman inicialmente y se transformen en científicos generales de forma gradual. En diferentes campos del conocimiento, el aparato matemático formal de los métodos científicos generales sufre transformaciones considerables al adaptarse a las tareas de la investigación y a la especificidad de los objetos estudiados, y son posibles los casos en que la aplicación de tales métodos, sobre todo en los primeros momentos, en una u otra disciplina científica, se realiza exclusi-

vamente a nivel de la investigación cualitativa, de contenido, sin remitirse a los aspectos cuantitativos formales, es decir, sin los correspondientes medios de formalización, o con un número mínimo de ellos. No obstante, es indudable que las etapas suficientemente maduras de aplicación de los métodos científicos generales, en uno u otro campo concreto de la ciencia, se caracterizan por la utilización de un aparato desarrollado de formalismos lógico-matemáticos, adecuado a la esencia de los fenómenos estudiados; sólo esto es capaz de asegurar la unidad orgánica de los aspectos cualitativos de contenido y los cuantitativos formales de la investigación.

Importantísimo rasgo de la interrelación entre los métodos científicos generales es su unidad orgánica, su mutua penetración y entrelazamiento en el plano del contenido, que se desprende del hecho de que todos ellos se apoyan en conceptos interrelacionados y muy cercanos entre sí, emparentados no sólo genética, sino también lógicamente. Este hecho fue señalado hace ya tiempo en el trabajo de V. S. Gott y A. D. Ursul, en los siguientes términos:

> La particularidad de los métodos científicos generales reside en la conocida integridad de su aparato conceptual. Es difícil, al nombrar cualquier concepto, afirmar que pertenece exclusivamente a un determinado método científico general (...). La integridad metodológica de uno u otro enfoque científico general no está condicionada por un concepto, por fundamental que sea, sino por el sistema de ellos, por sus vínculos y relaciones con otros conceptos que forman la "armazón conceptual" del método. Un concepto arrancado del sistema puede perder su significación, su función lógico-gnoseológica.[6]

Y esta "especificidad del sistema conceptual de los medios científicos generales del conocimiento, ha sido subrayada en nuestro trabajo para mostrar que entre los métodos científicos más generales se refuerzan, hoy, los vínculos integradores, así como la penetración mutua de sus ideas, conceptos y formalismos, lo que, indudablemente, contribuirá a su más rápido desarrollo y a su efectiva utilización en todos los campos de la ciencia moderna".

Por supuesto, en este caso el papel de los diferentes conceptos, de su "peso específico" en los diferentes métodos, está muy lejos de ser idéntico. V. S. Gott y A. D. Ursul señalan que

la categoría de probabilidad desempeña un papel cualitativamente diferente en el método probabilístico-estadístico —donde es central, conformadora del sistema— y en todos los demás métodos científicos generales donde se utiliza, por ejemplo, en el algorítmico, el teórico-informativo, los sistémico-estructurales, etcétera.[7] Lo mismo puede afirmarse del papel rector determinante, de la categoría de información en el método teórico-informativo, del concepto de algoritmo en el método de la algoritmización, de las categorías de sistema y estructura en los métodos de la investigación sistémico-estructural, de la categoría de modelo en los métodos de la modelación, mientras que todos los demás conceptos funcionan en estos casos como subordinados, secundarios, complementarios, y su utilización está condicionada por la idea central del método que resulta del contenido de su categoría básica, conductora.

La interrelación conceptual, de contenido de los diferentes métodos científicos generales, se basa con suficiente evidencia, ante todo, en la comunidad del aparato de categorías y conceptos que utilizan. Por ejemplo, el vínculo bien perceptible entre los métodos teórico-informativos y el probabilístico-estadístico, tiene su base en que, durante largo tiempo, el concepto de información se relacionó únicamente con las representaciones probabilísticas (en la actualidad, como se sabe, han aparecido otras concepciones, no probabilísticas, de la información).[8] También están orgánicamente relacionados con el método probabilístico-estadístico, los de la teoría del servicio masivo y los teóricos de juegos, ya que éstos utilizan profusamente, tanto la categoría misma de probabilidad, como las concepciones basadas en ella. Menos perceptible, y hasta el momento menos profundo, es el vínculo del método probabilístico-estadístico con el algorítmico, que apareció hace relativamente poco tiempo fundamentado en la utilización de variantes "debilitadas" del concepto de algoritmo: los "probabilísticos" y los "indeterminados", incluidos los llamados algoritmos "dispersos".

En conjunto, puede decirse que el fundamento lógico-gnoseológico de la interrelación entre los métodos científicos generales lo forman dos factores: la estrecha interrelación entre los *conceptos científicos generales* y la unidad interna entre los *enfoques científicos generales del conocimiento de la realidad.* La cuestión radica en que los métodos científicos generales de investigación están indisolublemente relacionados con cada uno de estos dos tipos de fenómenos lógico-metodológicos, que desempeñan un papel cada vez mayor en la ciencia moderna.

Si el primero de estos dos términos ha obtenido ya una conocida difusión en la literatura científica y las propiedades de los conceptos científicos generales, incluida su interrelación orgánica, deviene cada vez más objeto de estudios especiales, no es menos cierto que el concepto de enfoque científicos generales del conocimiento se utiliza todavía con mucha menor frecuencia, hecho que exige, aunque sea, una breve explicación. La esencia de la cuestión radica en que a partir de los *conceptos científicos generales*, tales como sistema, estructura, función, información, modelo, probabilidad, etcétera,[9] se han venido formando gradualmente enfoques no tradicionales del estudio de fenómenos de la realidad objetiva y subjetiva, muy diversos por su naturaleza cualitativa. En cada uno de esos enfoques la atención del investigador se ha centrado en algunos de los aspectos del fenómeno, precisamente aquél fijado por la categoría correspondiente, como es el caso de su carácter sistémico, estructural, funcional, informativo, modélico, probabilístico. El surgimiento de cada uno de esos enfoques específicos de la comprensión del mundo evidencia una vez más la dialéctica inagotable del conocimiento humano, caracterizado por Lenin como "conocimiento *vivo*, multilateral (con una multiplicidad de aspectos que aumenta eternamente), con una infinita cantidad de matices de cada enfoque y aproximación a la realidad...".[10] Al unificar, bajo determinado punto de vista, fenómenos cualitativamente diferentes, los nuevos enfoques de la realidad —sistémico, estructural, funcional, informativo, modélico, probabilístico— tienen, desde el momento mismo de su aparición, un carácter científico general, por ser realización de la función heurística de las categorías científicas generales.[11] La novedad de principio de semejantes enfoques del conocimiento, como ya se ha subrayado, reside en la combinación de su *status* científico general con el carácter especial, no filosófico, del estudio de los fenómenos; en cambio, antes lo científico general era siempre prerrogativa del conocimiento estrictamente filosófico, y todos los métodos científicos especiales poseían sólo un carácter local en la ciencia.

En este sentido consideramos de cierta importancia establecer una distinción entre los enfoques científicos generales del conocimiento y los métodos científico-generales, ya que en nuestros días es frecuente su identificación. "El concepto de *método* —observa B. V. Biriukov— (...) se aplica también a *enfoques* del estudio de la realidad excesivamente generales, que se desprenden de la concepción científica del mundo."[12] Cuando

estos conceptos se consideran idénticos, ambos términos se utilizan como sinónimos. Por ejemplo, de esto escribe, sin ambages, un grupo de autores leningradenses: "Teniendo en cuenta que en nuestra literatura filosófica no se ha elaborado hasta el momento un sistema riguroso de conceptos unívocos de la metodología científica, utilizaremos con un mismo sentido los conceptos 'método' y 'enfoque' en dependencia de consideraciones estilísticas."[13]

Sin embargo, opinamos que, aunque los conceptos de método y enfoque están interrelacionados en el conocimiento científico, no por ello son idénticos. Pensamos que lo fundamental en el enfoque es la fijación de una determinada *orientación* de la investigación. I. V. Blauberg y E. G. Iudin escriben al respecto: "El enfoque metodológico puede definirse como la orientación metodológica, de principio, de la investigación, como el punto de vista desde el cual se examina el objeto de estudio (modo de definición del objeto), como el concepto o principio que dirige la estrategia general de la investigación."[14] Puede añadirse: el rasgo más importante del enfoque del conocimiento es la máxima limitación del número de direcciones de la investigación (el caso más típico es el de una dirección única, aunque suficientemente amplia). Consideramos que ya en el término "enfoque del conocimiento" aparece, de forma etimológica, puramente lingüística, la separación de uno de los rasgos del conocimiento de la realidad: el hecho de que el investigador enfoca el estudio de los fenómenos desde uno de sus aspectos. Por cierto, esto no siempre es tan riguroso, pues el enfoque puede ser también complejo al unificar varios aspectos de la investigación; no obstante lo cual, los mismos deben ser definidos con precisión, limitados por el nombre del enfoque, por ejemplo, "sistémico-estructural", "estructural-funcional". Con otras palabras, en el concepto de enfoque siempre se acentúa, de modo lógico, la *dirección* principal de la investigación —como caso particular, varias direcciones adyacentes—, el peculiar "punto de vista" hacia el objeto de estudio. El concepto de método caracteriza el conocimiento en otro plano, pues en este caso lo fundamental es *de qué forma* se conduce la investigación, cuál es su "tecnología". En efecto, en su forma más general, el método de conocimiento se define como "el modo de reproducción del objeto estudiado en el pensamiento",[15] "la forma de asimilación teórica y práctica de la realidad, cuyo punto de partida lo constituyen las leyes del movimiento del objeto estudiado; el sistema de principios reguladores que

transforma, práctica o cognoscitivamente, la realidad teórica".[16] En su aplicación al conocimiento *científico,* se trata del conjunto de procedimientos del trabajo investigado que conduce al logro de los fines cognoscitivo-prácticos planteados: como demostramos en el primer tomo de nuestro trabajo, se trata de un esquema de las operaciones investigativas ordenadas que ha sido elaborado correctamente por el científico, es decir, que está condicionado por la estructura de la ciencia.

El segundo aspecto que, en nuestra opinión, está presente en el concepto de enfoque del conocimiento, es una indeterminación lógico-gnoseológica, una especie de dispersión, una falta de forma. Esto se explica, al parecer, por la amplitud, casi ilimitada, del enfoque, que se deriva de la fijación en el concepto en cuestión de sólo un rasgo del conocimiento: la dirección de la investigación; todo lo restante puede variar dentro de las más diversas combinaciones. En calidad de ejemplo, nos referiremos al enfoque sistémico,[17] el más desarrollado, conformado y reconocido de todo este grupo.

> ... El desarrollo real del enfoque sistémico no condujo a su conceptualización y constitución en forma de una dirección científica rígidamente esbozada, con un sistema rigurosamente determinado de conceptos, procedimientos y métodos de investigación (...). La ausencia en el enfoque sistémico de un aparato formal de investigación unívocamente fijado, hace que sus funciones metodológicas resulten esbozadas con menor precisión, aunque no por ello son menos significativas. Esta cierta imprecisión deriva del carácter del enfoque sistémico y de sus presupuestos de partida (...) El valor metodológico de esta dirección radica, ante todo, en que contiene y expresa, en forma desplegada, la exigencia de un *enfoque* nuevo, con respecto al precedente; del objeto de estudio. Es muy importante destacar este momento: el enfoque sistémico, por sí mismo y como tal, no ofrece directamente la *solución* del problema, sino que constituye un instrumento del nuevo *planteamiento* de los problemas. Tal es el aspecto metodológico de principio de la cuestión.[18]

Sin duda, lo expresado es válido también para todos los demás enfoques del conocimiento.

En este plano, cualquier método resulta más determinado y concreto en el sentido de una fijación más precisa, en el concepto mismo, de los principales rasgos determinados del modo de investigación expresado por él. Si los métodos son procedimientos del trabajo investigativo en su conjunto, es decir, si poseen un contenido más o menos preciso, determinado, que ofrece el algoritmo peculiar de las acciones del investigador, el enfoque del conocimiento es un fenómeno mucho menos determinado del plano lógico-metodológico. En este sentido, el contenido del concepto "método del conocimiento" resulta más rico, completo y determinado que el del concepto "enfoque del conocimiento".

Si seguimos esta idea, podría afirmarse evidentemente que el enfoque del conocimiento es, en cierto sentido, el método del conocimiento en germen, en el proceso de su formación, de su establecimiento. El fundamento objetivo de esta proposición lo constituye, en nuestra opinión, la unidad orgánica interna de la dirección de la investigación —del enfoque— y de aquellos medios y procedimientos del conocimiento que son necesarios para moverse en la dirección dada —aquí ya se trata del método—. En este plano, el método es una formación gnoseológica más madura que el enfoque. En realidad, la respuesta a la pregunta "¿cómo?" ("¿de qué forma?") supone ya, como premisa necesaria, aunque insuficiente, la respuesta a la pregunta "¿hacia dónde?" ("¿en qué dirección?"). Con otras palabras, el método incluye en sí el enfoque, de manera implícita. Por otro lado, el enfoque del conocimiento desempeña cierto papel determinante —aunque no se trata de una determinación rígida, unívoca— con respecto a los métodos por medio de los cuales se realiza. Esta característica fue observada por I. V. Blauberg y E. G. Iudin cuando escribieron sobre el problema de la comparación "de los diferentes *enfoques* de la investigación (...), es decir, de los diferentes principios lógico-metodológicos *que determinan los modos de desmembramiento del objeto estudiado,* las principales tareas de la investigación y *el conjunto de los métodos de análisis utilizados*" (las cursivas son nuestras).[19]

A medida que los rasgos del enfoque del conocimiento —imprecisos y "difusos" en los comienzos y, en gran medida, sólo percibidos intuitivamente por los investigadores— y sus componentes gnoseológicos se van haciendo más determinados, precisos e intelegibles, el enfoque se va acercando cada vez más al método por su contenido interno. Por supuesto, en este caso,

nos encontramos lejos de una correspondencia mutuamente unívoca, obligatoria, en el plano cuantitativo, en el sentido de que un enfoque se va transformando paulatinamente en método y, a la inversa, cada método nace exclusivamente de un enfoque. El hecho de que los volúmenes de ciertos métodos y enfoques concretos se correlacionan de distinta manera, significa que: sobre la base de un enfoque, si es lo suficientemente amplio, pueden surgir diferentes métodos del conocimiento y, a la inversa, varios enfoques pueden transformarse gradualmente en un método amplio del conocimiento. Por ejemplo, el enfoque cibernético de los diferentes fenómenos de la naturaleza viva y de la sociedad, ha engendrado ya varios métodos cibernéticos de investigación (a lo cual está dedicado el capítulo X del presente trabajo). De forma análoga, el enfoque sistémico funciona como un sistema de métodos del conocimiento científico. Con otras palabras, la correlación es aquí la siguiente: un enfoque determina varios métodos de investigación. Por otra lado, el método de la formalización cuajó sobre la base de una serie de enfoques del conocimiento interrelacionados entre sí: el semiótico, el algorítmico, el estructural, etcétera.

De todas formas hay que preguntarse: ¿no puede acaso el enfoque del conocimiento existir en la ciencia paralela y simultáneamente con el método que ha crecido sobre la base de él? En principio podemos dar una respuesta positiva. Es posible una situación como la siguiente: en ciertos campos del conocimiento, un determinado fenómeno científico se manifestó ya como método del conocimiento, mientras que en otros, sólo existe en forma de enfoque. Por ello, la diferenciación no sólo es posible por campos del conocimiento, sino también en relación con los diferentes problemas de un mismo campo.

Reconocemos que la diferenciación entre los conceptos de método y enfoque es muy convencional y relativa: los términos correspondientes se utilizan, frecuentemente, como sinónimos. Es común que se hable, además de los *métodos* dialéctico y metafísico, de los *enfoques* dialécticos y metafísico, sin hacer ningún tipo de diferenciación entre estos dos pares de conceptos. La relatividad de la delimitación entre el enfoque y el método en el conocimiento se explica porque la dirección de la investigación y su modo están internamente relacionados, fundidos, por lo que es muy difícil separarlos de manera absoluta, por no decir que, en general, el conocimiento es un proceso único, íntegro e indivisible, y de este modo resulta muy convencional cualquier desmembración mental del mismo en

sus partes componentes. La dirección del estudio del objeto supone siempre, en grado considerable, el modo de investigación. Éste, a su vez, dicta o corrige, en una magnitud nada despreciable, la dirección por la que se ha de mover el pensamiento del científico (nos encontramos aquí ante una peculiar retroalimentación entre ellos). De todas formas, a pesar de toda la relatividad de la delimitación señalada, opinamos que es muy útil, pues introduce un trazo complementario en el estudio del proceso del conocimiento científico, proceso muy complicado e internamente contradictorio.

De lo expuesto, resulta claro que el estudio profundo del problema de la interrelación entre los métodos científicos generales del conocimiento exige referirse al problema de la interconexión entre éstos y los enfoques científicos generales.

El vínculo orgánico entre todos los enfoques científicos generales del conocimiento resulta de la interrelación interior, inmanente, de aquellas categorías que se encuentran en la base de cada uno de ellos, que constituyen el núcleo semántico, el esqueleto del enfoque en cuestión. Y el vínculo entre las categorías científicas generales se manifiesta con evidencia, y simultáneamente, en dos planos: en el genético —la comunidad entre ellos o, por lo menos, la cercanía de sus orígenes y caminos de desarrollo—, y en el lógico —vinculación mutua interior de aquellos aspectos de la realidad reflejados por ellos—. En realidad, por un lado, la cibernética, así como la tendencia a la matematización del conocimiento científico, desempeñaron un importantísimo papel en la transformación de las categorías de sistema, estructura, función, información, modelo, probabilidad, etcétera, desde su *status* científico particular al científico general. Por otro lado, como bien se sabe, lo sistémico, estructural, funcional, informativo, modélico, estocástico (carácter probabilístico), son también rasgos de los fenómenos de la realidad que sólo existen en indisoluble interrelación, pues cada uno supone y complementa necesariamente a otro. Hay, por último, un tercer aspecto de la relación entre las categorías científicas generales: el *tipológico*, pues las mismas constituyen un nuevo *tipo* único de conceptos científicos que poseen importantes propiedades comunes.

En total correspondencia con esto, puede hablarse de los mismos tres planos: tipológico, genético, lógico y de contenido, en la interrelación de los enfoques científicos generales. En realidad, los mismos representan un tipo especial de medios del conocimiento científico, por lo que están unidos en su

base. La formación de cada uno de ellos está internamente determinada por todo el "clima" intelectual de la época de la revolución científico-técnica, en primer lugar, por la modificación del *estilo de pensamiento científico*,[20] que en mucho está condicionado por el conjunto de los modernos enfoques científicos generales del conocimiento en el proceso de su desarrollo. La creciente matematización y cibernetización de la ciencia, manifestación de una serie de enfoques científicos generales, sirve, al mismo tiempo, de poderoso impulso al desarrollo de los existentes y a la creación de nuevos enfoques de este tipo. Semejante estimulación mutua en el desarrollo de estos enfoques evidencia la presencia de relaciones directas y de una retroalimentación entre ellos que posee un carácter profundo, interno, auténticamente inmanente.

En el plano de contenido, cada uno de los enfoques científicos generales es imposible sin los demás. El vínculo más evidente es el que existe entre los enfoques sistémico y estructural, y por ende, entre los métodos correspondientes: toda investigación sistémica de cierta profundidad es simplemente imposible sin penetrar en la estructura de los fenómenos. Recordemos el tratamiento de la estructura más reconocido en la filosofía soviética, que muestra con evidencia su vínculo indisoluble con el sistema: la estructura es "el principio, el modo, la ley del vínculo de los elementos" del sistema, el sistema de las relaciones entre los elementos "en los marcos del todo en cuestión", "la invariante —el aspecto invariante— del sistema". La indisoluble vinculación del sistema y la estructura constituye la base de la frecuente unificación de ambos enfoques en uno: el sistémico-estructural. En nuestra opinión, aunque reconocemos plenamente la interrelación interior entre ellos y sus métodos, hemos creído posible delimitarlos, reconociendo al mismo tiempo la diferencia de los acentos metodológicos dominantes en cada uno de estos enfoques. La correlación de la estructura del objeto como tal, por sí mismo, y la de la teoría sobre él, es decir, la correlación de las estructuras ontológicas y las gnoseológicas que le corresponden, constituye un problema gnoseológico particular en los marcos del enfoque estructural del conocimiento. Es evidente que, en términos generales, las estructuras de estos dos tipos no son idénticas; aunque las segundas están determinadas por las primeras, constituyen su reflejo, por lo que se correlacionan internamente con ellas.[21]

Todos los enfoques científicos generales restantes —funcional, informativo, modélico, probabilístico, etcétera— están tan internamente concatenados entre sí, como fuerte e importante es el vínculo mutuo de cada uno de ellos —y de todos ellos examinados como un todo único— con los enfoques sistémico y estructural. De hecho, el sentido de la existencia de todos los sistemas radica en su funcionamiento —cualquier estructura sólo es importante como camino hacia la realización de ciertas funciones—, lo que relaciona directamente los enfoques sistémico y estructural con el funcional, es decir, con el estudio de los diferentes objetos en el plano de su actividad, desde el aspecto de su funcionamiento, tanto por sí mismos como en los marcos de sistemas más amplios. El funcionamiento mismo de cualquier sistema es imposible sin la información (recordemos que, según palabras de N. M. Amosov, "el sistema es la estructura más la actividad, es decir, el intercambio de información, tanto interior, como con el mundo externo"),[22] lo que conduce al enfoque informativo en el conocimiento, a la separación y el estudio del aspecto informativo de los fenómenos de la realidad. Y si en este caso tenemos en cuenta que la "estructura es información coagulada",[23] resulta evidente la interrelación del enfoque informativo con el estructural. La posibilidad de principio de la modelación, tanto de sistemas íntegros como de sus diferentes aspectos —de las estructuras, funciones, del contenido informativo, etcétera— enlaza lógicamente el enfoque modélico con el sistémico, el estructural, el funcional y el informativo. Por último, debido a que la inmensa mayoría de los fenómenos del mundo, y de todos sus aspectos, posee un carácter probabilístico[24] y no rígidamente determinado, resulta comprensible también la relación interna entre todos los enfoques mencionados, por un lado, y el enfoque probabilístico, por otro.

Por supuesto, sólo nos hemos referido a las consideraciones más generales, fundamentales y, al mismo tiempo, evidentes, sobre las causas y la esencia de la interrelación entre todos los enfoques del conocimiento mencionados. Este análisis puede ser considerablemente desarrollado, ampliado, profundizado y detallado. Pero no hay especial necesidad de ello: al lector que conoce la interpretación de las categorías de sistema, estructura, función, información, modelo, probabilidad, le resultará suficiente lo expuesto. Se hacen evidentes las manifestaciones externas del vínculo entre estos enfoques, que derivan de las investigaciones y problemas "en las fronteras" entre varios

de ellos, como la problemática de los sistemas informativos y del carácter sistémico de la información misma,[25] de la modelación probabilística y la informativa,[26] de las estructuras probabilísticas[27] y de la probabilidad como característica estructural del sistema en general.[28] Se trata de que la interrelación entre las categorías científicas generales crea una base objetiva para que en la ciencia surjan conceptos como "información sistémica", "estructura del modelo", "informatividad del modelo", "modelación informativa", "modelo probabilístico" y otras, y por medio de esos conceptos no sólo se realizan ciertos enfoques del conocimiento, sino que tiene lugar simultáneamente el "empalme" de los diferentes enfoques entre sí. Se conocen ya los conceptos situados "en la frontera" entre tres enfoques: "función informativa del modelo", "modelo probabilístico del sistema". El entrelazamiento de la problemática de varios enfoques resulta más que evidente en una serie de investigaciones lógico-matemáticas.[29]

Un importante aspecto de la interrelación entre todos los enfoques científicos generales es la *complementariedad* mutua de los mismos. De hecho, cada uno de ellos, por apoyarse en una determinada categoría básica, que expresa sólo un "corte" de la realidad, es inevitablemente unilateral, específico. Por ello, cada uno de esos enfoques, aunque científico general por las escalas de su utilización y posibilidades heurísticas, es, al mismo tiempo, insuficiente para investigar cualquier fenómeno de la realidad, por simple que sea si se utiliza aisladamente, separado de todos los demás medios del conocimiento. Sólo en su conjunto, en su interacción con todos los demás enfoques posibles del objeto de investigación, tanto los tradicionales como los nuevos que han sido engendrados por la revolución científico-técnica, adquiere cualquier enfoque la efectividad necesaria, sólo entonces deviene un medio adecuado del conocimiento científico del mundo. Es por ello que los enfoques no son alternativos entre sí, sino complementarios, y ninguno de ellos puede actuar en "forma pura" sin interrelacionarse con los demás.[30]

Como señalamos antes, cualesquiera métodos de investigación siempre están relacionados con los correspondientes enfoques del conocimiento debido a que la respuesta a la pregunta "¿cómo?" —"¿de qué forma?"—, exige una clarificación precisa de la *dirección* de la investigación. A su vez, la aplicación de un determinado enfoque supone la aplicación simultánea de un conjunto de procedimientos que sirvan de forma

y condición de realización de los principios correspondientes al enfoque de que se trata. En el caso de los métodos *científicos generales*, es natural que estén relacionados precisamente con los enfoques del mismo *status*, o sea, con los científicos generales. Realmente, en los marcos de cada enfoque científico general —por ser una dirección muy amplia del estudio de la realidad— surge un conjunto de métodos investigativos, cuyas interrelaciones están determinadas por la comunidad con el enfoque. Es así que los diferentes métodos de la modelación, tanto los muy específicos como los que han adquirido significación científica general, son unificados por la circunstancia de que todos ellos están orientados a la realización concreta del enfoque modélico del conocimiento, de que los métodos teórico-informativos devienen manifestación del enfoque informativo. No sólo el enfoque sistémico, sino cualquier otro de rango análogo actúa en este sentido como un sistema de métodos del conocimiento científico.

Mostraremos otro ejemplo muy propio de la interrelación entre los métodos aplicados en los marcos de un enfoque científico general. He aquí cómo N. Mouloud caracteriza la unidad de contenido interna de los métodos por medio de los cuales se realiza el enfoque estructural:

> Los métodos estructurales son aplicados por las ciencias que han alcanzado un elevado grado de objetividad o de racionalidad. Son métodos objetivos en el sentido de que se apoyan en los datos de la observación y la medición y se construyen sobre determinados complejos de relaciones que se formulan con creciente frecuencia en el lenguaje de la matemática: eliminan de la ciencia, en la medida de lo posible, las indicaciones intuitivas y las concepciones subjetivas. Estos métodos se distinguen también por su rigurosidad racional: brindan la posibilidad de establecer, de manera sistemática, las propiedades y relaciones, de clasificar u ordenar objetos y acontecimientos; suponen también la aplicación de las reglas de las transformaciones, lo que permite pasar de un tipo de estado de los objetos a otro tipo y estado (...). Los métodos estructurales prevalecen en las ciencias más exactas y actúan como modelo en todas las ciencias que aspiran a ser exactas. Demuestran la capacidad de las formas operacionales, matemáticas, de organizar el material empírico más diverso, y ofrecen una representación racional sobre los

diferentes géneros de "totalidades" que se encuentran en el campo de los datos naturales, vitales y humanos.[31]

En resumen, cada enfoque científico general es un sistema particular de los métodos correspondientes. Y debido a que todos los enfoques científicos generales están interna e inmanentemente relacionados entre sí —lo que demostramos antes—, todos los métodos científicos generales resultan —en el plano más amplio— interrelacionados mutuamente y —lo que nos importa acentuar aquí— con todo el conjunto de los enfoques científicos generales.

Una particularidad especial de semejante interrelación la constituyen los casos en que un método cualquiera unifica, con gran evidencia, los rasgos de varios enfoques cuando se encuentran en un campo "fronterizo". Éste es el caso de los métodos de la modelación probabilística o informativa (ya nos referimos a estos fenómenos, aunque con otro objetivo, durante el examen de la interrelación —hasta llegar a la interpenetración, al entrelazamiento— de las *problemáticas* de los correspondientes *enfoques* científicos generales; ahora se trata de los *métodos* que nacen en tales "fronteras"). Estos métodos desempeñan el papel de elementos conectores directos entre diferentes enfoques.

Como vemos, los métodos científicos generales de investigación están relacionados entre sí por medio de los enfoques científicos generales, y éstos, a su vez mediante los métodos. Así se cierra la cadena de la retroalimentación que permite hablar de *interrelación* entre estos dos tipos de medios del conocimiento científico.

Los métodos científicos generales de investigación, por su naturaleza, *siempre* están concatenados con los correspondientes enfoques, se forman dentro de los marcos de uno o varios de ellos, sobre su base conceptual, y en un sentido amplio, sobre el fundamento de todos los enfoques científicos generales. Pero, al mismo tiempo, el vínculo entre los enfoques y métodos científicos generales, según nos parece, no debe ser absolutizado ni tratado dentro del espíritu de algo rígido y mutuamente unívoco (en el sentido de que los enfoques *siempre* están relacionados con los métodos *científicos generales* y sólo se realizan en el conocimiento a través de ellos). Pensamos que la cuestión no es tan simple. Ya hoy conocemos no pocos métodos concretos del análisis sistémico-estructural, de la modelación,

y los métodos probabilísticos e informativos, que sólo encuentran aplicación en ciertos campos del conocimiento. Como ejemplo se pueden señalar los métodos de la lingüística estructural, la informática, la heurística, la ecología. Con el desarrollo de la ciencia el número de tales métodos crecerá. Hay que señalar que semejantes métodos —por lo menos hoy— poseen un carácter demasiado especial y están muy lejos de poseer el significado científico general adquirido por los enfoques correspondientes. Por otro lado, sobre la base de estos enfoques se desarrollaron métodos con un potencial heurístico de carácter científico general, por ejemplo, los métodos de la modelación matemática, probabilística e informativa, el método de la "caja negra" —como medio de realización del enfoque funcional.[32]

Como vemos, los enfoques científicos generales del conocimiento pueden combinarse, en principio, tanto con los métodos especiales de investigación, como con los científicos particulares. Pero estos dos tipos de métodos están mutuamente relacionados. Cada uno de los métodos del segundo tipo constituye, en esencia, una modificación muy especializada de cierto método científico general, la concretización del mismo en su aplicación a la problemática de una determinada rama del conocimiento y a objetivos investigativos parciales. Por tanto, la proposición sobre la interrelación entre métodos y enfoques científicos generales —a condición de una comprensión bastante amplia de su carácter— conserva su vigencia. Los enfoques, por un lado, y los métodos, por otro, se condicionan orgánicamente y se complementan entre sí, son *mutuamente complementarios* en el mecanismo del conocimiento científico (aunque en otro sentido que los diferentes enfoques, de lo cual hablamos antes).

Como conclusión de nuestro análisis de la interrelación entre los enfoques y los métodos científicos generales, nos referiremos muy brevemente al carácter del vínculo de cada uno de ellos con la *dialéctica materialista.* Todos estos tipos de medios lógico-gnoseológicos de la ciencia contemporánea están por principio unificados por el hecho de que, debido a la unilateralidad inmanente, a la especificidad de la dirección del conocimiento, ningún enfoque científico general —ni método— puede compararse con el método filosófico universal del conocimiento como método de un mismo orden. Al examinar la dife-

rencia de principio entre los métodos especiales y el filosófico, P. V. Kopnin escribía:

> Los métodos especiales son muy diversos. Entre ellos nos encontramos algunos que son aplicados por diversas ciencias. Podemos denominarlos científicos generales especiales. Aunque estos métodos se aplican en muchas ciencias —y en todas como tendencia— hay que clasificarlos como especiales y no filosóficos, pues no establecen el camino general del conocimiento hacia la verdad con todos sus componentes, sino sólo algunos de sus aspectos y momentos.[33]

Es por ello que los medios científicos generales del conocimiento, a pesar de todo su significado en el organismo de la ciencia moderna, no pueden ser absolutizados, tratados como la "llave maestra" de todos los problemas científicos. Por ejemplo, S. Petrov nos previene contra la absolutización de los enfoques estructurales y funcional en el conocimiento científico, en detrimento del enfoque *substratal*, subrayando que la categoría de substrato y los métodos substratales de investigación reciben hoy insuficiente atención por parte de nuestra filosofía.[34]

Por la misma razón, ninguno de los métodos y enfoques científicos generales —ni el conjunto de ellos— puede contraponerse a la dialéctica materialista como si se tratara de una "nueva" filosofía. De paso debemos recordar que esta tendencia se manifiesta con suficiente claridad en la filosofía burguesa contemporánea, sobre todo, en relación con el desarrollo de la cibernética, que tratan de presentárnosla como alternativa filosófica al materialismo dialéctico.[35] De hecho, tanto los enfoques como los métodos científicos generales de investigación desempeñan un papel cualitativamente diferente con respecto al método filosófico universal del conocimiento: por un lado, todos ellos se derivan de las exigencias del método filosófico, se fundamentan en éste y, por otro, cada uno es un medio para el desarrollo y enriquecimiento ulteriores de la dialéctica materialista en las actuales condiciones, y se convierte en uno de sus aspectos múltiples, pues permite ver en los fenómenos de la realidad aspectos sustancialmente nuevos, cuya importancia se manifestó sólo en el período actual del desarrollo de la sociedad. Muchos filósofos enfatizan con frecuencia el vínculo orgánico y profundo de la

dialéctica con el enfoque sistémico —trabajos de V. G. Afanasiev, I. V. Blauberg, E. G. Iudin, M. S. Kagan, E. S. Markarian, V. S. Tiujtin, I. T. Frolov y otros—, y esto, sin duda, es plenamente válido para todos los enfoques científicos generales restantes y también para los métodos correspondientes. Como señalamos antes, los enfoques y métodos científicos generales —juntamente con todos los demás medios de la ciencia— demuestran claramente en nuestro tiempo la inagotable diversidad del conocimiento humano, el proceso eterno de su enriquecimiento con nuevos aspectos, rasgos y matices durante el camino hacia un reflejo más pleno y adecuado del mundo, sobre lo cual escribió Lenin.

El carácter del vínculo de cada uno de los fenómenos lógico-metodológicos examinados por nosotros —de los enfoques y métodos científicos generales— con la dialéctica, refleja, en nuestra opinión, otro importante aspecto de la interrelación entre ellos: esta interrelación se realiza por medio del método filosófico universal, del cual actúan como elementos de desarrollo y enriquecimiento.

NOTAS

[1] Ver Z. M. Orudzhev: *La dialéctica como sistema.* Moscú, 1973, pp. 342-343.

[2] E. P. Sitkovski: "El problema del surgimiento de nuevas categorías en la lógica dialéctica". En *Voprosi Filosofii* Nº 10, 1975, p. 90.

[3] *Ibid.* p. 91.

[4] B. V. Biriukov, *op. cit.*, p. 122.

[5] *Ibid.*, pp. 123-126.

[6] V. S. Gott y A. D. Ursul, *op. cit.*, pp. 22-23.

[7] *Ibid.*, pp. 22-23.

[8] Para más detalles ver A. D. Ursul: "Los enfoques no estadísticos de la teoría de la información". En *Voprosi Filosofii* Nº 2, 1967; *La información. Aspectos metodológicos.* Moscú, 1971, pp. 53-80.

[9] Ver E. P. Semeniukov: "Las categorías científicas generales como un tipo cualitativamente nuevo de conceptos científicos". En *Vestnik Moskovskovo Universiteta,* Serie VIII, Nº 5 (Filosofía), 1975.

[10] V. I. Lenin: *Obras completas,* t. XXIX, p. 321.

[11] Para más detalles ver E. P. Semeniukov: "Papel metodológico de las categorías y enfoques científicos generales en la informática". En *La información científico-técnica,* Serie 2, Nº 2, VINITI, Moscú, 1975.

[12] B. V. Biriukov, *op. cit.*, p. 121.

[13] B. V. Ajlibininski, E. V. Krainskaia, O. B. Sichivitsa y V. A. Shtoff: "El concepto 'sistema' y su significado metodológico". En *Aspectos metodológicos de la dialéctica materialista.* Universidad de Leningrado, 1974, p. 139.

[14] I. V. Blauberg y E. G. Iudin: *Establecimiento y esencia del enfoque sistémico.* Moscú, 1973, p. 74.

[15] *Diccionario filosófico.* Redactor general: M. M. Rosenthal. Moscú, 1972, p. 241.

[16] P. Kopnin y M. Turovski: "El método". En *Enciclopedia filosófica*, t. III. Moscú, 1964, p. 409.

[17] Ver, además del capítulo VIII de este libro y la monografía citada de I. V. Blauberg y E. G. Iudin, V. G. Afanasiev: "Sobre el enfoque sistémico en el conocimiento social". En *Voprosi Filosofii* Nº 6, 1973; M. S. Kagan: "Sobre el enfoque sistémico del método sistémico". En *Filosofskie Nauki* Nº 6, 1973.

[18] E. G. Iudin: "Naturaleza metodológica del enfoque sistémico". En *Investigaciones sistémicas*. Moscú, 1973, pp. 41-43.

[19] I. V. Blauberg y E. G. Iudin: "El enfoque sistémico en las investigaciones sociales". En *Voprosi Filosofii* Nº 9, 1967, p. 100.

[20] Para más detalles ver M. F. Vedenov y Y. V. Sachkov: *El problema de los estilos de pensamiento en las ciencias naturales*. Moscú, 1971; I .B. Novik: *Problemas del estilo de pensamiento en las ciencias naturales*. Moscú, 1975.

[21] Ver I. V. Kuznetsov: "Estructura de la teoría científica y estructura del objeto". En *Voprosi Filosofii* Nº 5, 1968; D. V. Pivovarov: "Estructura del objeto y estructura de la teoría". En *La categoría de estructura en el sistema de categorías filosóficas*. Sverdlovsk, 1973.

[22] N. M. Amosov: "Pensamiento e información". En *Problemas del pensamiento en la ciencia actual*. Moscú, 1964, p. 394.

[23] *Ibíd.*

[24] Para más detalles ver Y. V. Sachkov: *Introducción al mundo probabilístico. Problemas de metodología*. Moscú, 1971.

[25] Ver V. I. Kremianski: "El concepto de sistémico y lo 'metasistémico' de la información". En *Voprosi Filosofii* Nº 2, 1975.

[26] Ver V. M. Glushkov: "Naturaleza gnoseológica de la modelación informativa". En *Voprosi Filosofii* Nº 10, 1963.

[27] A. S. Kravets: *Probabilidad y sistemas*. Universidad de Voronezh, pp. 56-102.

[28] *Ibíd.*, pp. 185-187.

[29] Como ejemplo, ver I. B. Novik, *op. cit.*, pp. 27, 33, 34, 98, 122 y ss.

[30] Ver I. B. Novik: *Problemas filosóficos de la modelación de la psiquis*. Moscú, 1969, pp. 171-172; I. V. Blauberg y E. G. Iudin: *Establecimiento y esencia del enfoque sistémico*. Moscú, p. 72; B. V. Biriukov: *La cibernética y la metodología de la ciencia*. Moscú, 1974, pp. 178-179.

[31] N. Mouloud: "Los métodos estructurales y la filosofía de la ciencia". En *Voprosi Filosofii* Nº 2, 1969, p. 74.

[32] Ver B. V. Biriukov: *La cibernética y la metodología de la ciencia.* Moscú, 1974, pp. 177-181.

[33] P. V. Kopnin: *Las ideas filosóficas de Lenin y la lógica.* Moscú, 1969, p. 52.

[34] Ver S. Petrov: "Substrato, estructura, propiedades". En *Voprosi Filosofii* Nº 10, 1968.

[35] Para más detalles ver V. S. Ukraintsev y A. D. Ursul.: "La cibernética y la dialéctica materialista". En *Filosofskie Nauki* Nº 2. 1975.

CAPÍTULO XIII

EL MÉTODO DIALÉCTICO-MATERIALISTA Y LOS MÉTODOS CIENTÍFICOS GENERALES

El desarrollo de la ciencia contemporánea sigue la línea de un reflejo cada vez más adecuado de la unidad del mundo, de la penetración mutua de los distintos objetos y elementos de los sistemas complejos, del carácter contradictorio de toda transformación. La ciencia de nuestros días adquiere rasgos de carácter integral, sintético. El conocimiento de las leyes comunes de los sistemas complejos y formas de movimiento —de las leyes de la conservación, de la comunicación y la dirección, de la trasmisión y conservación de información, de las leyes estructurales y funcionales— constituye la base del desarrollo de las tendencias hacia la síntesis del conocimiento. Naturalmente, la tendencia a la síntesis es una de las particularidades esenciales del desarrollo del conocimiento científico. "Como muestra la historia de las ciencias naturales —subrayaba I. V. Kuznetsov—, el pensamiento humano aspira no sólo a conocer el mayor número de hechos, fenómenos y leyes, sino que intenta comprenderlos y explicarlos desde un cierto punto de vista único, abarcarlos mediante un sistema teórico único."[1] Esta tendencia cobró distintas formas en los diferentes períodos de desarrollo de la ciencia, aunque en las condiciones actuales la integración de los conocimientos científicos se convierte de tendencia en ley, lo que constituye uno de los rasgos distintivos de la ciencia moderna con respecto a todas las épocas anteriores.[2]

La integración del conocimiento científico se expresa de las formas más diversas: interacciones entre los objetos de investigación, formación de ciencias complejas, sintéticas, penetración recíproca de los métodos de investigación, formación y aparición de conceptos generalizadores utilizados en todas o en la mayoría de la ciencias, los cuales adquieren así un *status* de concepto científico general. Al penetrar en otros sistemas conceptuales, los nuevos conceptos se trans-

forman en concordancia con el contenido y las leyes generales de dichos sistemas, hecho que sólo se produce cuando los conceptos de una ciencia encuentran resonancia en otras, cuando responden a las necesidades de desarrollo de éstas al "insertarse" en su aparato categorial.

La formación de conceptos científicos generales está vinculada no sólo con la integración del conocimiento científico sino también con el proceso de desarrollo teórico de la mayoría de las ciencias, de sus conceptos básicos, y con el surgimiento de nuevos conceptos estrechamente relacionados con las categorías filosóficas. Por otra parte, la mayoría de los conceptos científicos generales entran en el lenguaje de la ciencia a medida que se formaliza y matematiza la ciencia en cuestión, o sus secciones. Utilizados en todas o casi todas las ciencias particulares, los conceptos científicos generales ocupan una posición intermedia entre las categorías filosóficas y los conceptos de las disciplinas especiales.

Y si hasta ahora a los dos tipos tradicionales de conceptos científicos correspondían dos variedades de problemas metodológicos, dos niveles de la metodología: el filosófico y el científico especial, en la actualidad, como consecuencia de la aparición de los conceptos científicos generales, se esbozan con mayor precisión los contornos de un nivel intermedio de la metodología: el científico general.[3] Este nivel abarca los principios científicos generales, por ejemplo, los principios de simetría, correspondencia, carácter sistémico, etcétera; los problemas científicos generales, como por ejemplo, el problema de la información, de su papel en la vida social durante esta etapa, así como los medios de conocimiento adecuados a tales principios y problemas.

Como se ha mostrado en los capítulos anteriores, entre los "niveles" metodológicos antes mencionados no hay abismo o fronteras infranqueables. Por el contrario, en el proceso de la práctica cognoscitiva se establecen entre ellos vínculos móviles, dinámicos: los conceptos filosóficos generales, los científicos generales y los científicos particulares; asimismo los enfoques y métodos fundamentados en ellos interactúan entre sí. En el curso de esta interacción, las categorías filosóficas, por un lado, se especializan, se delimitan, y, de una manera específica, se aplican en las diferentes ciencias; mientras que los principios, conceptos y métodos científicos concretos, por otro lado, se enriquecen y generalizan, se funden con el nuevo contenido concreto en el conocimiento filosófico, formando nuevos ele-

mentos de la metodología filosófica, de la concepción filosófica del mundo, en particular, del cuadro científico del mundo. En el sistema del conocimiento, los conceptos científicos generales y los enfoques y métodos basados en ellos, cumplen la función de vínculo, de comunicación entre la metodología filosófica y la científica particular; vienen a servir de instrumento, de medio para la realización de la función metodológica de la filosofía en la investigación científica especial.

En el proceso del conocimiento, del movimiento del pensamiento hacia la verdad objetiva, se aplican principios, métodos y enfoques de los tres niveles metodológicos, en dependencia del nivel y las características de la investigación. El método filosófico —la teoría de la dialéctica materialista— formula los principios universales del conocimiento, analiza las formas y leyes más generales del movimiento del pensamiento hacia un nuevo conocimiento. Los principios filosóficos del conocimiento, por sí mismos, no conducen a descubrimientos científicos particulares, pero son necesarios para el funcionamiento y desarrollo normales del organismo de la ciencia en su conjunto, y de sus distintas ramas. Los principios más generales del conocimiento, formulados por el materialismo dialéctico, forman un "sistema lógico de coordenadas", dentro de cuyos marcos se realiza el proceso de movimiento del pensamiento científico-teórico. Con respecto a todo el conocimiento científico especial, la filosofía cumple una función metodológica general en calidad de premisa para la solución de los problemas teóricos surgidos, constituye ese "fondo del pensamiento" sin el cual es imposible solucionar un problema científico. Puede ejercer esta función, y lo hace, debido a que su aparato categorial se desarrolla, hasta cierto punto, con relativa independencia del conocimiento especial en cuestión y abarca los resultados generales de toda la cultura humana. Como premisa, fuente de ideas primarias generales sin las cuales es imposible el movimiento del pensamiento teórico, la filosofía tiene asignado un papel heurístico. La misión de la filosofía como factor del proceso heurístico se manifiesta, sobre todo, en que los principios filosóficos imponen ciertas limitaciones a la clase de los principios científicos concretos posibles, y de esa forma permiten que su elección sea completamente determinada.[4] Debe señalarse que los principios filosóficos cumplen misiones heurísticas cuando se formula una teoría científica, pero no cualquiera, sino una teoría fundamental, nueva por principio, no inferible por deducción del

material científico antes acumulado. Por ejemplo, para crear la teoría de la superconductibilidad no fue necesario remitirse a los principios filosóficos como factor heurístico, debido a que esa teoría se infería deductivamente de la mecánica cuántica. Además, las premisas filosóficas no forman, ni pueden formar, todo el conjunto de condiciones necesarias y suficientes para la solución de un problema maduro del conocimiento científico en desarrollo. Aunque estemos convencidos del orden sujeto a ley de la naturaleza y la sociedad, con el solo concurso de la filosofía no existen condiciones suficientes para formular leyes concretas sobre los fenómenos naturales y sociales. Para tener la posibilidad de influir metodológicamente sobre el proceso de nacimiento de nuevas concepciones teóricas, la idea de la sujeción universal a leyes debe adoptar la forma de lo particular. Esta necesidad se deriva de la imposibilidad de confrontar los principios metodológicos filosóficos y los científicos particulares, debido a lo cual cualquier operación directa con categorías y leyes filosóficas no puede ir más allá de las fronteras de la filosofía, independientemente de la esfera concreta a que la apliquemos. Así, si partimos de las categorías de materia, movimiento, espacio, tiempo y otras, en su comprensión filosófica general, e intentamos aplicarlas directamente a los fenómenos de la naturaleza, es decir, sin las correspondientes transformaciones, no obtendremos una ciencia natural, pues no podremos diferenciar los fenómenos con la suficiente precisión. Para nosotros, el átomo, los compuestos químicos, la célula viva y el organismo vivo serán sólo una realidad objetiva, la material. Las ciencias naturales gozan de una relativa independencia respecto de la filosofía porque operan con sus propios conceptos, métodos y enfoques. Como medios de correlación de la metodología filosófica con los problemas científicos particulares actúan, en particular, los conceptos, enfoques, métodos y principios científicos generales. Estos últimos, por ocupar una posición intermedia entre la metodología filosófica y los postulados teóricos fundamentales de las ciencias especiales, por transformar de forma específica los principios del método filosófico, cumplen un papel orientador respecto de los métodos concretos de investigación formados en ese campo de las ciencias.

El examen de la interacción de los distintos niveles metodológicos del conocimiento científico muestra que la construcción de éste posee un carácter jerárquico, en el cual cada peldaño se diferencia por la amplitud de lo que abarca y el grado de

generalización, de abstracción. Dicho examen pone de manifiesto el hecho siguiente: cuando aparecen dificultades durante la obtención de nuevos conocimientos, en la creación de una nueva teoría, el científico recurre necesariamente a un nivel más general del conocimiento científico, al nivel científico general e incluso al filosófico, que formula las orientaciones metodológicas y de la concepción del mundo de cualquier investigación científica.

Esta tendencia se desprende de la lógica general del conocimiento científico y se ha visto confirmada por la historia de la ciencia. En el libro de L. M. Vekker *La percepción y los fundamentos de su modelación*, aparecen interesantes consideraciones sobre la correlación del conocimiento filosófico y el científico especial, y sobre el papel de los principios y conceptos científicos generales en la adquisición de nuevos conocimientos. El autor observa que toda teoría psicológica general se fundamenta en una u otra concepción de los procesos sensoriales, puesto que la sensación es un proceso psíquico elemental. Pero para comprender la esencia de lo más elemental en el sistema de conceptos de la concepción de que se trate, hay que salir de los marcos de este sistema conceptual y pasar al nivel siguiente de la generalización científica, expresado en un sistema general de conceptos tal, en el que los primeros estén incluidos como un caso particular. Por tal razón, la naturaleza de la sensación no podía ser descubierta por el sistema conceptual de ninguna concepción puramente psicológica. El principio dialéctico-materialista del reflejo fue entonces el principio general que desempeñó un papel sintético en la comprensión de la esencia de lo psíquico.

Sin embargo, el carácter extremadamente general limita la función del principio en cuestión a los marcos de la síntesis filosófica general. El avance constructivo en la esfera del conocimiento científico concreto de las relaciones entre el proceso nervioso y la sensación, necesita de un sistema de conceptos que, por estar situados entre el concepto general del reflejo y sus formas concretas, ocupen con respecto a éstas el lugar de eslabón intermedio. Este sistema de conceptos científicos resultó ser la teoría general de los procesos informativos, un caso particular de los cuales es el proceso psíquico de la percepción, que se forma sobre la base del proceso nervioso que surge en el receptor.[5] Es decir, el eslabón intermedio entre la filosofía y la psicofisiología fue la teoría general de la

información y el control, la cual descubrió las leyes generales del control en los sistemas técnicos y organismos vivos.

El problema de la significación de los conceptos, principios y enfoques científicos generales como instrumentos de la transformación y aplicación concreta de los principios de la dialéctica materialista y el método filosófico, así como su significado heurístico, ha sido examinado en la literatura filosófica soviética en relación con las investigaciones físicas, biológicas, sociológicas, etcétera. Estas investigaciones han confirmado la gran importancia metodológica del descubrimiento del mecanismo del vínculo entre las ciencias particulares y la filosofía. Es por ello que el análisis del papel y las funciones de los conceptos científicos generales y de los enfoques basados en ellos, dentro del sistema "filosofía-ciencias particulares", tiene una gran significación teórica. La importancia de la investigación del nivel científico general de la metodología está determinada, ante todo, por la necesidad de desarrollar, con vistas a su utilización directa en la práctica de las ciencias particulares, aquellos métodos generales y necesarios en una etapa dada del desarrollo de la ciencia, que constituyen el nivel superior de la metodología: el nivel filosófico. Por su parte, el nivel científico general tiene como una de sus tareas básicas la de correlacionar las abstracciones y métodos filosóficos y científicos particulares utilizados en el conocimiento.

En la historia de la filosofía tiene una larga tradición el intento de elaborar una concepción integral sobre las características generales y necesarias del conocimiento. Kant, por ejemplo, al crear un sistema de ciencias que estudiaba los principios del conocimiento puramente apriorístico, incluyó en él la lógica, la matemática, los conceptos fundamentales de las ciencias naturales, la estética y la teología trascendentales, y esta idea resultó importante para el desarrollo de la teoría del conocimiento.[6] Pero el enfoque idealista y metafísico de este problema no le permitió resolverlo correctamente. Lenin escribió que "mientras no pudieron dedicarse al estudio de los hechos, siempre crearon *a priori* sus teorías, que resultaron siempre infructuosas".[7]

Según la dialéctica materialista, los sistemas metodológicos de nivel intermedio no pueden ser construidos apriorísticamente, sino que deben basarse en los resultados de todas las ciencias y en la práctica cognoscitiva. Los enfoques, métodos y conceptos que caractericen este nivel pueden formarse casualmente, y sin una influencia evidente de los postulados filo-

sóficos, durante la práctica de la investigación, pero esa influencia siempre podrá descubrirse en un análisis ulterior, incluso cuando los propios investigadores creen que semejantes instrumentos investigativos sólo se formaron bajo la influencia de las exigencias de la práctica, con el único concurso de la intuición y la maestría de los científicos.[8]

Por ser un eslabón interrelacionador entre los métodos filosóficos y los científicos especiales, los enfoques y métodos científicos generales se aproximan, de diferente forma, a estos niveles. Algunos de ellos aparentan ser muy próximos a los conocimientos filosóficos, mientras que otros se aproximan a los científicos especiales, y con frecuencia son indiferenciables de estos conocimientos. Esto se explica, como ya hemos visto, por el hecho de que muchos de estos conceptos nacieron en una determinada rama del conocimiento particular y adquirieron durante su desarrollo el carácter de científicos generales: por ejemplo, los conceptos de información, algoritmo, probabilidad, etcétera. Otros, por el contrario, nacieron de la filosofía, como los conceptos de indeterminación, sistema, estructura, ordenamiento, etcétera, de donde pasaron, por diferentes motivos, al campo del conocimiento científico-general.

La matemática ha sido una de las fuentes más importantes de conceptos y métodos científicos generales. La tendencia de la extensión de los conceptos y métodos matemáticos a otras ramas del conocimiento se observó hace tiempo, aunque el carácter científico general de los medios matemáticos del conocimiento se reveló en los últimos tiempos, cuando se vio claro que son utilizados por la mayoría de las ciencias naturales, técnicas y sociales. En este caso, la esencia de la etapa actual de la matematización de la ciencia no sólo consiste en la conformación matemática de las teorías científicas, y no sólo en que la matemática funciona en la etapa actual como lenguaje especial de muchas ciencias, sino fundamentalmente, en que comienza a realizar una función explicativa y predictiva, convirtiéndose así en una importante fuente de representaciones y principios por medio de los cuales se crean nuevas teorías.

El fundamento objetivo de la amplia aplicación de los métodos matemáticos en otras ciencias es la unidad material del mundo, que permite describir diferentes procesos con ayuda de formas matemáticas iguales. Se trata de que, en el mundo objetivo, a los tipos cualitativamente distintos de la materia les son inherentes relaciones cuantitativas y formas especiales

generales que poseen una relativa independencia, por tal razón, durante el proceso del conocimiento nuestro pensamiento puede abstraerse de las cualidades de los objetos y fenómenos y reflejar, unívocamente, las relaciones cuantitativas en forma de conceptos matemáticos, vínculos funcionales, ecuaciones diferenciales y otras, que utilizan todas las ciencias cuando surge la necesidad. Teniendo en cuenta precisamente este aspecto del proceso del conocimiento, Lenin escribió: "La unidad de la naturaleza se revela en la 'asombrosa analogía' de las ecuaciones diferenciales que se refieren a diferentes campos de fenómenos."[9]

Entre las demás ciencias especiales que realizaron un aporte considerable a la formación de los enfoques científicos generales hay que distinguir a la cibernética. Nacida como resultado de la interacción de todo un conjunto de ciencias, la cibernética estableció que cualquier fragmento de la realidad con suficiente contenido, independientemente de su naturaleza y sustrato esencial, puede ser examinado como un sistema dinámico complejo. Al descubrir la unidad orgánica entre los procesos informativos y los de control, la cibernética elaboró un enfoque complejo, efectivo, destinado a la investigación de la naturaleza viva, la sociedad y la técnica. En los marcos de la cibernética fueron elaborados enfoques y métodos investigativos que se utilizan ampliamente en muchas ciencias.

El carácter científico general de los métodos y enfoques lógico-matemáticos, informativos, cibernéticos, sistémico-estructurales y otros, es un hecho real. Esta particularidad motivó que algunos científicos burgueses planteasen que los enfoques científicos generales constituían un auténtico método de investigación filosófica, un método para la solución de los problemas filosóficos. Según su opinión, el método filosófico del conocimiento ha envejecido y debe ser sustituido por métodos más exactos de la ciencia moderna. Por ejemplo, en su libro *El modelo cibernético del pensamiento y el conocimiento,* H. Stachowiak, filósofo de Berlín Occidental, afirma que su trabajo ofrece un esbozo previo de la "teoría cibernética del conocimiento", a la cual, según expresión del autor, pertenece el futuro. Considera que esta teoría permitirá la aparición de un "contexto fructífero que permitirá al especialista moderno en teoría del conocimiento liberarse de las dificultades a que lo condujo la bifurcación de dos mil años del ser íntegro en las supercategorías hipostasiadas 'ser' y 'pensamiento' ".[10]

Semejantes intentos, que expresan la tendencia a elevar los métodos científicos generales del conocimiento al rango de "nueva filosofía" y a sustituir con ellos la teoría de la dialéctica materialista, a eliminar de la filosofía los problemas del ser y el pensamiento, del sujeto y el objeto, se vinculan, como hemos visto, con otros enfoques científicos generales, en particular, el enfoque sistémico-estructural.

En los últimos tiempos, el problema de la interrelación de los métodos del conocimiento científico comenzó a llamar la atención de los filósofos marxistas. Todos los autores subrayan correctamente que, debido a la unidad material del mundo, todos los métodos y enfoques de que dispone el arsenal de las ciencias poseen algo general, aunque ello no excluye, sino presupone, lo específico, la diferencia.

> El método filosófico —según expresión de P. V. Kopnin— no se diferencia en principio de los métodos de las ciencias particulares, todos ellos se basan en el reflejo de determinadas leyes del mundo objetivo; las diferencias aparecen cuando se establece lo específico en el carácter de las leyes en que se fundamentan el método filosófico, por un lado, y los métodos de las ciencias particulares, por otro.[11]

Además del carácter de las leyes que yacen en unos u otros métodos y enfoques del conocimiento, como criterios del establecimiento y la revelación de su unidad y diferencia se pueden adoptar otros principios y fundamentaciones como, por ejemplo, la esfera de aplicación, la unidad de los momentos formales y de contenido, etcétera. Cada uno de los criterios indicados contiene en sí un elemento racional, y todos ellos se complementan mutuamente, por lo que, para solucionar el problema antes señalado, se necesita considerarlos en su conjunto, dentro de un complejo, pues, como indicó Lenin: "para conocer realmente un objeto es necesario abarcar, estudiar todos sus aspectos, todos sus vínculos y mediaciones. Nunca lograremos del todo esto, pero la exigencia de multilateralidad nos previene de errores y del estancamiento."[12] Esta proposición leninista tiene especial importancia para revelar las relaciones mutuas entre el método filosófico y los científicos generales, los cuales aspiran también a elaborar procedimientos y medios más o menos generales del conocimiento científico.

Se sabe que toda ciencia, en dependencia del carácter de las leyes que definen su objeto de conocimiento, elabora sus enfoques y métodos específicos de conocimiento. Cada método científico de conocimiento es "la ley interna del movimiento del pensamiento humano tomado como reflejo subjetivo del mundo objetivo o, lo que es lo mismo, la ley objetiva 'trasladada' y 'elaborada' en la conciencia humana, y utilizada consciente y planificadamente como instrumento de explicación y transformación del mundo".[13] Por tal razón, lo específico del método filosófico, su diferencia de todos los demás enfoques y métodos del conocimiento, debe buscarse en lo específico del objeto de la filosofía.

El rasgo de lo universal actúa como característica esencial del método filosófico, que determina las leyes generales del conocimiento humano, las cuales funcionan como principios reguladores de la actividad investigativa, como normas o exigencias de carácter muy general, que se le presentan a esa actividad.

No obstante, la universalidad no es hoy atributo exclusivo del conocimiento filosófico. Algunas ramas de la ciencia, como la matemática, la cibernética y la teoría general de los sistemas, poseen también un carácter científico general o cercano a él. Pero aunque son demasiado generales, los métodos y enfoques elaborados por estas ciencias se diferencian sustancialmente del filosófico, pues estudian los fenómenos, objetos y procesos, así como sus interacciones desde un determinado aspecto, bajo un determinado punto de vista o forma, por lo que resultan métodos "subordinados" al dialéctico-materialista. Por tanto, a los métodos filosófico y científico generales les son inherentes diferentes aspectos de la universalidad.

Lo específico del objeto de la investigación filosófica nos dice que el método filosófico debe poseer, y posee, un significado científico general, universal por su esencia, aunque su carácter científico general se distingue del de los enfoques y métodos científicos generales del conocimiento.[14]

La especificidad de la universalidad filosófica condiciona otra especificidad esencial al método filosófico, es decir, a la dialéctica como sistema, que consiste en que este método es un instrumento universal de examen, estudio integral y multilateral del objeto. Esto se explica porque el método dialéctico no es agotado del todo por ninguno de ellos, por importante

que sea el principio. El enfoque dialéctico-materialista del análisis de un objeto complejo significa utilizar toda la riqueza de las exigencias de principio de la lógica dialéctica. No es casual que Lenin, en sus *Cuadernos filosóficos*, haya distinguido los dieciséis "elementos de la dialéctica"[15] más importantes. Ninguno de los enfoques científicos generales, ni sus sistemas, pueden servir de medio semejante. A pesar de su importancia para el conocimiento, cada uno de los enfoques mencionados, aunque son científicos generales por la esfera de su utilización, no son universales en el sentido de la posibilidad de elaborar un complejo de principios metodológicos para el estudio multilateral de cualquier objeto, ya que estudian los fenómenos y procesos de la realidad bajo un punto de vista determinado, especial, y se apoyan solamente en algunos principios —aunque importantes— de la dialéctica. Desde este aspecto, cada enfoque, aunque es científico general, sigue siendo especial, específico, y no realiza la función metodológica universal de regulador del movimiento hacia la verdad. Además, cada uno de ellos puede aplicarse fructíferamente sólo en combinación con otros métodos del conocimiento. Al examinar el significado del enfoque cibernético, I. B. Novik señaló que

> ahora no existen fundamentos para dudar de la universalidad del enfoque cibernético en amplitud, es decir, en el sentido de su extensión a todos los nuevos campos del conocimiento y la práctica, que habrán de progresar ulteriormente a ritmos mayores. Sin embargo, este enfoque no es universal en profundidad, es decir, en el plano de la solución del problema de si es posible o no agotar, apoyándose en él, toda la riqueza de situaciones en el conocimiento y la práctica. Esta circunstancia debe ser tomada en cuenta, por ejemplo, durante el análisis de los intentos por solucionar el problema de la conciencia sobre la base exclusiva del enfoque cibernético. Podemos abstraernos relativamente del estudio de la estructura interior del objeto en una investigación científica concreta, pero en el análisis metodológico nunca puede olvidarse que el mundo no se reduce sólo a vínculos funcionales.[16]

Otros enfoques científicos generales recibieron evaluaciones parecidas. Por ejemplo, V. N. Sadovski, al valorar el significado y el papel del enfoque sistémico, señaló que, aunque dentro

de sus fronteras es un procedimiento de investigación soberano y plenipotenciario, el enfoque sistémico, como cualquier otra concepción metodológica científica general, está limitado por sus probabilidades y medios. El enfoque sistémico y la teoría general de los sistemas poseen su objeto específico: los problemas de la metodología científica concreta del conocimiento moderno y las cuestiones lógico-metodológicas de las investigaciones sistémicas, por lo que de ninguna forma pueden pretender sustituir a la metodología filosófica. El enfoque sistémico y todos los enfoques científicos generales, como formas de la reflexión en el interior de la ciencia, se relacionan con la teoría de la dialéctica como lo hace el conocimiento científico concreto, incluido el generalizado, con el filosófico.[17]

Lo específico de los enfoques científicos generales condiciona la particularidad de su interrelación con el método filosófico, dialéctico-materialista. Un aspecto importante de esta interrelación consiste en que por haber surgido —a veces, incluso, casualmente— bajo la influencia directa de la teoría de la dialéctica y por ser procedimientos investigativos plenipotenciarios en su campo particular de investigación, los enfoques científicos generales pueden utilizar y elaborar fructíferamente sus problemas específicos sólo sobre los sólidos cimientos de las exigencias metodológicas de la dialéctica materialista. Esto se explica porque, a diferencia de los procedimientos y métodos científicos generales de análisis del conocimiento científico que se refieren a ciertos aspectos del proceso cognoscitivo, el materialismo dialéctico examina todos los problemas metodológicos desde el punto de vista de las características generales y fundamentales de la actitud del hombre hacia el mundo. En este caso

> el conocimiento mismo se examina en la teoría de la dialéctica materialista como un momento, un aspecto de un todo más rico que incluye todas las formas de la relación humana con la realidad en el contexto de toda la actividad vital social, en cuya base yace la actividad productiva del hombre social. Semejante comprensión del conocimiento científico supone la investigación de la mediatización social del proceso cognoscitivo, del papel del lenguaje, de aquellos modos de operar con cosas que fueron elaboradas por el desarrollo precedente de la cultura humana, y el análisis de las posibilidades del

conocimiento en dependencia de su inclusión en los diferentes tipos de actividad social que expresan, en particular, la práctica de las diferentes clases.[18]

Por tanto, los enfoques científicos generales del conocimiento se diferencian del método dialéctico-materialista, no sólo por la ausencia de "universalidad filosófica", sino por la integridad y multilateralidad de la extensión del objeto de investigación. Sin embargo, al establecer sus diferencias no se debe caer en otro extremo: la absolutización del método filosófico. Por supuesto, el método filosófico surge como generalización de todos los demás métodos, incorpora sus riquezas, pero sobre esta base sería erróneo considerar que en las categorías, leyes y principios de la dialéctica materialista se han contemplado todos los descubrimientos posibles de la ciencia. Todos los métodos utilizados en el conocimiento están interrelacionados y cada uno de ellos —incluido el dialéctico-materialista—, aunque posee sus peculiaridades propias, conduce a resultados benéficos sólo en esta interrelación. La fuerza y la vitalidad de la teoría de la dialéctica materialista consisten en que no se sitúa por encima de las ciencias restantes; el método dialéctico-materialista es el resultado de la generalización y expresión, en forma general y "pura", de aquello que está contenido en el movimiento concreto de las ciencias especiales y sus métodos y, como resultado de este proceso, se enriquece perennemente y se complementa con nuevos rasgos. En este proceso desempeñan un papel importante los principios, conceptos, métodos y enfoques científicos generales. El problema está en que, al actuar como "teoría de lo universal", la filosofía marxista-leninista no puede estudiar directamente el mundo circundante. Penetra en ese mundo, fundamentalmente, a través de las ciencias especiales. Al estar estrechamente vinculada con todas las ciencias particulares, toma de ellas el material correspondiente, lo elabora y lo utiliza, tanto para el enriquecimiento y desarrollo de su contenido y, por consiguiente, de su método, como para ofrecer ulteriores recomendaciones metodológicas a las ciencias especiales. Mas, para que la filosofía pueda utilizar el material de las ciencias particulares, este material debe estar previamente generalizado. Tales generalizaciones se efectúan en la parte teórica de cada ciencia y alcanzan un nivel más elevado de abstracción, generalización e integridad a nivel de los conceptos y métodos científicos ge-

nerales. De esa forma, al generalizar a un nivel teórico más elevado los datos de todas —o casi todas— las ciencias particulares, los conceptos científicos generales y los enfoques basados en ellos crean la base general para las generalizaciones filosóficas de carácter metodológico y abastecen a la filosofía con el material necesario para ello. Precisamente por ello, esos fenómenos tan importantes en la ciencia moderna como son la aparición de la semiótica, de la cibernética, la teoría de la información, las investigaciones sistémico-estructurales, etcétera, debido a su amplio enfoque de la realidad, no pudieron dejar de influir en la filosofía. Por tal razón se han emprendido diferentes esfuerzos por utilizar algunos métodos científicos generales —el teórico-informativo, el probabilístico, el sistémico-estructural y otros— para el desarrollo del propio conocimiento científico.

Es evidente que todo enfoque científico general, cualquier método de una u otra ciencia, no constituye algo separado, desvinculado del método dialéctico. Este vínculo se manifiesta en que cada concepto científico general y el enfoque que le corresponde están relacionados con unas u otras categorías de la dialéctica. Por ejemplo, para el enfoque sistémico-estructural resultan de mayor importancia las categorías de forma y contenido, vínculo, relación, propiedad y otras; para el informativo, las de reflejo, diferencia, identidad, necesidad y casualidad; para el probabilístico-estadístico, posibilidad y realidad, necesidad y casualidad, etcétera. Muchas ideas que en el nivel científico particular se estudian en los marcos de uno u otro enfoque científico general, son inherentes al conocimiento filosófico. Digamos, las ideas de carácter sistémico, integridad, estructuralidad, diversidad de las formas de vínculo, que han sido elaboradas en los marcos del enfoque sistémico y de la teoría general de sistemas, son orgánicamente inherentes al método dialéctico y penetran todos sus conceptos y principios más importantes. Como observa V. N. Sadovski, estas ideas, en su interpretación filosófica, se encuentran en la base del método de la elevación de lo abstracto a lo concreto, del principio de la unidad de lo lógico y lo histórico, del de la unidad de los enfoques genético y estructural. Por tanto, la asimilación de las categorías y principios filosóficos desde uno u otro punto de vista, a partir de las posiciones de unos u otros conceptos científicos generales, resulta perfectamente posible y necesaria. Sobre todo, si la utilización de un método científico

general sirve de medio auxiliar para precisar una serie de términos filosóficos, para expresarlos con mayor rigor, claridad y precisión, para detectar las concepciones erróneas y las incorrecciones relacionadas con el lenguaje cualitativo-fenomenológico tradicional, descriptivo, y la interpretación del sentido de las categorías filosóficas, y para enriquecer sus contenidos con los nuevos datos de la ciencia.

Sin embargo, en este caso debe tenerse en cuenta el hecho de que los conceptos y métodos científicos generales están estrechamente relacionados con la matemática y utilizan ampliamente el aparato matemático. Y como muestra la práctica, la matematización de los postulados filosóficos conduce a la formación de nuevos conceptos que poseen un carácter científico particular o general, aunque no filosófico. Es por ello que resultan inconsistentes los intentos de los neopositivistas actuales por elevar al rango de "nueva filosofía" los métodos sistémico-estructural, teórico-informativo, probabilístico y otros de carácter general, al ver en ellos el "método auténtico" de la investigación filosófica, capaz de resolverlo todo, incluso los problemas filosóficos. El único método filosófico auténticamente científico es el dialéctico-materialista, que a su vez utiliza como medios auxiliares los diferentes enfoques y métodos científicos generales. Y la fuerza de los conceptos y métodos científicos generales no radica en que representan una alternativa frente a los filosóficos, sino en que son el material a partir del cual resultan posibles las generalizaciones dialécticas de la filosofía.

Al abastecer a la filosofía con el material necesario de estudio, los conceptos científicos generales y los enfoques basados en ellos son, al mismo tiempo, "conductores" de la influencia recíproca de la filosofía sobre las ciencias particulares. En este sentido, el principal papel de los conceptos y métodos científicos generales consiste, en particular, en la eliminación del "abismo" característico entre lo universal y lo particular, es decir, entre las categorías, principios y leyes de la filosofía y los conceptos, leyes y métodos de las ciencias particulares. Se trata de que la universalidad, la comprensión cualitativo-fenomenológica del sentido de las categorías filosóficas dificulta su aplicación a una u otra rama concreta del conocimiento que posee sus propias peculiaridades. Naturalmente, el materialismo dialéctico no se desentiende de las leyes del movimiento y desarrollo de otras ciencias. Las leyes y descubri-

mientos de la filosofía científica están relacionados con las leyes de las ciencias especiales y se manifiestan en su acción. Pero esto no significa que constituyan la esencia de estas últimas. La esencia de cualquier objeto radica en su "lógica específica". Por tal razón, la aplicación directa del método filosófico a las ciencias particulares no puede conducir a resultados provechosos, ni servir al objetivo de desarrollar la rama específica de la ciencia de que se trata. Para que el método dialéctico-materialista sirva a estos fines es necesaria una determinada transformación de las categorías y principios del método filosófico, en concordancia con el carácter de las leyes de las ciencias especiales. Cumplen estas funciones, en particular, los conceptos científicos generales y los enfoques basados en ellos. Fuera de estos métodos que transforman de manera específica las categorías y principios del método filosófico de forma que adquieran significación heurística en las ciencias particulares, "la dialéctica se convierte en vehículo de construcciones abstractas que sólo exigen para su fundamentación un cierto conjunto de ilustraciones y ejemplos". La experiencia de los clásicos del marxismo-leninismo al aplicar el método filosófico en investigaciones concretas, muestra que nunca lo utilizaron sorteando los eslabones intermedios de vínculo del método universal con las ciencias particulares, con lo cual se obtuvo una transformación específica para su ulterior aplicación al material científico especial. Por ejemplo, al criticar a Ricardo, quien sin analizar esos eslabones mediatizadores trataba de situar una categoría económica junto a otra, Marx señala que, con ayuda de semejante método, se saltaba por encima de los eslabones intermedios imprescindibles y se trataba de demostrar directamente la coincidencia mutua de las categorías económicas, de tal modo que era imposible resolver correctamente el problema. Por tanto, como eslabones mediatizadores del vínculo del método dialéctico con las ciencias particulares, los conceptos y métodos científicos generales permiten establecer un contacto más directo entre los conocimientos filosóficos y los conceptos y métodos científicos especiales.

El significado de los enfoques científicos generales del conocimiento está determinado por el hecho de que todos ellos "se desprenden" específicamente del método dialéctico-materialista general, están determinados por él y, a su vez, en conjunto, lo

abastecen con los datos necesarios para las correspondientes generalizaciones, al tiempo que lo complementan con nuevos rasgos. Fundamentada en ellos transcurre la dialectización de las ciencias particulares, el fortalecimiento de la interacción entre el materialismo dialéctico y las ciencias particulares, el reforzamiento de las funciones lógico-metodológicas, gnoseológicas y de concepción del mundo de la teoría de la dialéctica materialista en tanto que concepción científica de la unidad entre el ser y el conocimiento.

NOTAS

[1] I. V. Kuznetsov: "La sucesión, la unidad y la minimización del conocimiento, rasgos fundamentales del método científico". En *La dialéctica materialista y los métodos de las ciencias naturales*. Moscú, 1968, p. 357.

[2] Ver *Síntesis del conocimiento científico contemporáneo*. Moscú, 1973.

[3] Ver N. Stefanov: *Teoría y método en las ciencias sociales*. Moscú, 1967; V. A. Lektorski y V. S. Shviriov: "Análisis metodológico de la ciencia (tipos y niveles)". En *Filosofía, metodología, ciencia*. Moscú, 1972; I. I. Zhbankova: *Los principios filosóficos en el conocimiento científico*. Minsk, 1974.

[4] Ver V. P. Branski: "El papel heurístico de algunos principios filosóficos en la creación de la teoría general de la relatividad". En *Problemas metodológicos de la interrelación e interacción de las ciencias*.

[5] Ver L. M. Vekker: *La percepción y los fundamentos de su modelación*. Leningrado, 1964, pp. 7-16.

[6] Ver I. Kant: *Obras completas*, t. III. Moscú, 1964, pp. 105-163, 501-595.

[7] V. I. Lenin: *Obras completas*, t. I (5ª. ed. en ruso), p. 141.

[8] Ver M. V. Mostepanenko, *op. cit.*, pp. 221-228.

[9] V. I. Lenin, *op. cit.*, t. XVIII, p. 306.

[10] H. Stachowiak: *Denken und Erkennen in Kibernatischen Model*. Viena-Nueva York, 1969, p. 186.

[11] P. V. Kopnin: *Los fundamentos lógicos de la ciencia*. Kiev, 1968, p. 227.

[12] V. I. Lenin, *op. cit.*, t. XLII, p. 290.

[13] T. Pavlov: *La teoría del reflejo*. Moscú, 1949, p. 401.

[14] Los detalles sobre la diferencia entre los métodos científicos generales del conocimiento y el filosófico aparecen en el capítulo "El carácter científico general y lo específico del método filosófico", que forma parte de esta obra.

[15] Ver V. I. Lenin, *op. cit.*, t. XXIX, pp. 202-203.

[16] I. B. Novik:. *Problemas del estilo de pensamiento en las ciencias naturales.* Moscú, 1975, pp. 124-125.

[17] Ver V. N. Sadovski: *Fundamentación de la teoría general de sistemas*, pp. 40-48.

[18] M. T. Iovchuk: "Problemas actuales de la teoría de la dialéctica materialista". En *La filosofía y la contemporaneidad.* Moscú, 1973, p. 119.

ABDILDIN, Z. M.: "Hegel, sobre el carácter del concepto". En *Voprosi Filosofii* Nº 8, Moscú, 1970.

————: El problema del principio en el conocimiento teórico, Alma-Ata, 1967 (en ruso).

————: *Los principios lógico-dialécticos de la construcción de la teoría.* Alma-Ata, 1973 (en ruso).

ABRAMIAN, L. A.: *Los problemas gnoseológicos de la teoría de los signos.* Erevan, 1956 (en ruso).

ABRAMOVA, N. T.: *Integridad y control.* Ed. Nauka. Moscú, 1974 (en ruso).

ACHINSTEIN, O.: *Concept of science: A philosophical analysis.* Baltimore, 1968.

ACKOFF, R.: "Systems organizations and interdisciplinary research". En *General systems yearbook* 5, 1960.

————: "Towards a systems of systems concepts". En *Management Science,* vol. 17, Nº 11, 1971, pp. 661-671.

AFANASIEV, V. G.: *La información social y la dirección de la sociedad.* Moscú, 1975 (en ruso).

————: "Sobre el enfoque sistémico en el conocimiento de lo social". En *Voprosi Filosofii* Nº 6, Moscú, 1973.

————: *El problema de la integridad en la filosofía y la biología.* Moscú, 1964 (en ruso).

AGUDOV, V. V.: "Cantidad, calidad, estructura". En *Voprosi Filosofii* Nº 1, 1967.

————: *Las categorías de "forma" y "estructura".* Moscú, 1970 (en ruso).

————: "La relación de las categorías de 'forma' y 'estructura'". En *Filosofskie Nauki* Nº 1, 1970.

AJDUKIEWICZ, K.: *Abriss der Logik.* Berlín, 1958.

AKCHURIN, J. A.: *La unidad del conocimiento científico-natural.* Moscú, 1974 (en ruso).

ALEKSANDROV, A. D.: *Visión general de las matemáticas. La matemática, su contenido, métodos y significado.* Moscú, 1956 (en ruso).

————————: "Matemática". En *Enciclopedia filosófica,* t. 3.

ALEKSEEV, I. S.: "Los procedimientos de investigación de los objetos sistémicos en la mecánica clásica". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1972.* Moscú, 1972 (en ruso).

ALEKSEEV, M. N.: "El paso de lo abstracto a lo concreto en el método dialéctico de investigación". En *Noticias de la Universidad de Moscú.* Serie Filosofía, 2, 1958 (en ruso).

ALEXANDER, P.: *Sensationalism and scientific explanation.* Londres, 1963.

ALTHUSSER, L.: *Por Marx.* La Habana, 1966.

ALVEN, Y.: *Atomo, hombre, universo.* Moscú, 1973 (en ruso).

ANDERSON, T. W.: *An introduction to multivariate statistical analysis.* Nueva York, 1958.

ANDREEV, I. D.: *Problemas de la lógica y metodología del conocimiento.* Moscú, 1972 (en ruso).

APOSTOL, LEO.: *Logique et equilibre,* 1957.

ARISTÓTELES: *Obras completas.* Buenos Aires, 1947.

ARSENEV, A. S. y otros: *Análisis del concepto en desarrollo.* Moscú, 1967 (en ruso).

ASHBY, W. ROSS: "General systems theory as a new discipline". En *General systems,* vol. III, 1958, pp. 1-6.

ASMUS, V.: "La doctrina de Hegel sobre los derechos y los límites del pensamiento formal". En *Voprosi Filosofii* Nº 8, 1970.

————————: *El materialismo dialéctico y la lógica.* Kiev, 1929 (en ruso).

————————: *El problema de la intuición en la filosofía y en las matemáticas.* Moscú, 1965 (en ruso).

AUTONOMOVA, N. S.: *Problemas filosóficos del análisis estructural en las ciencias humanitarias.* Moscú, 1977 (en ruso).

AVERIANOV, A. N.: *Sistema: categoría filosófica y realidad.* Moscú, 1976 (en ruso).

AYALA, FRANCISCO: *Introducción a las ciencias sociales.* 7ma edición, 1968.

AYER, A. V.: *Language, truth and logic.* Nueva York, 1946.

BABIN, B. A.: "Sobre la definición del concepto sistema". En *Ciencias filosóficas* Nº 3, Moscú, 1974.

BACHELARD, GASTÓN: *La formación del espíritu científico.* Buenos Aires, 1948.

BARKER, STEPHEN F.: *Inducción e hipótesis: estudio sobre la lógica de la confirmación.* Buenos Aires, 1963.

BAUWZIN, B.: *Philosophy of science.* Nueva York, 1963.

BAZONOV, L. B. Y B. V. BIRIUKOV: "La semiótica y algunos aspectos del problema del lenguaje y el pensamiento". En *El lenguaje y el pensamiento.* Moscú, 1967 (en ruso).

BENNET, S.A. y A. BAYLIS: *Formal logic. A modern introduction.* Nueva York, 1939.

BERGER, P. y T. LUCKMANN: *The social construction of reality. A treatise in the Sociology of knowledge.* Londres, 1967.

BERGMANN, GUSTAV: *Filosofía de la ciencia.* Madrid, 1961.

BERNAL, Y.D.: *La ciencia en la historia.* México, 1959-1960.

————: *The social function of science,* 1939.

BERNSTEIN, N.A.: *La modelación en biología.* Moscú, 1963 (en ruso).

BERRIEN, F.K.: *General and social systems.* New Brunswick, 1968.

BERTALANFFY, L.: "General systems theory", En *General systems yearbook* 1, 1956.

————: "General systems theory". En *General systems yearbook 7,* 1962.

————: *General systems theory. Foundations, development, applications.* Nueva York, 1968. 2ª. ed., Londres, 1971.

————: "La historia y el status de la teoría general de los sistemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973 (en ruso).

————: *Modern theories of development.* Londres, 1933.

————: "La teoría general de los sistemas, resumen de los problemas y resultados". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1969.* Moscú, 1969 (en ruso).

BESSE, G.: *Pratique sociale et théorie.* París, 1962.

BIBLER, V.S.: "El concepto como proceso". En *Voprosi Filosofii* Nº 9, 1965.

BIKOV, V.V.: *Los métodos de la ciencia.* Moscú, 1974 (en ruso).

————: "Significado gnoseológico de *El capital* de Marx para el estudio de la estructura del proceso del conocimiento". En *Ensayos histórico-filosóficos.* Moscú, 1964 (en ruso).

BIRIUKOV, B. V.: *La cibernética y la metodología de la ciencia.* Ed. Nauka. Moscú, 1974 (en ruso).

————————: "El criterio de la práctica en las teorías deductivas a la luz de las ideas filosóficas de Lenin". En *Voprosi Filosofii* Nº 3, 1970.

BLAUBERG, I. V.: "Sistematicidad e integridad". En *Ciencias Sociales* Nº 1, 1979.

————————: "El enfoque sistémico como objeto de la reflexión histórico-científica". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973.

————————, V. N. SADOVSKY y E. G. IUDIN: "Las investigaciones sistémicas y la teoría general de los sistemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1969.* Moscú, 1969 (en ruso).

————————: *Some problems en general system development.* En W. Gray y N. D. Rizzo (eds): *Unity through diversity. A Fest-Schrift for Ludwig ven Bertalanffy.* Parte I. Nueva York, 1973, pp. 245-270.

————————, y E. G. IUDIN: *Establecimiento y esencia del enfoque sistémico.* Ed. Nauka, Moscú, 1970 (en ruso).

————————: "Los problemas filosóficos de la investigación de los sistemas y estructuras". En *Voprosi Filosofii* Nº 5, Moscú, 1970.

———————— y OTROS: *Las investigaciones sistémicas y la teoría general de los sistemas.* Moscú, 1969 (en ruso).

————————: *El planteamiento sistémico: premisas, problemas, dificultades.* Moscú, 1969 (en ruso).

————————: "Los problemas filosóficos de la investigación de los sistemas y las estructuras". En *Voprosi Filosofii* Nº 5, 1970.

BOCHER, S.: *The pole of mathematics in the rise of science.* New Jersey, 1966.

BOGUSLAVSKI, V. M.: "La palabra y el concepto". En *El pensamiento y el lenguaje.* México, 1961.

BOHR, N.: La física atómica y el conocimiento humano. Moscú, 1961 (en ruso).

BONGARD, M. M.: El problema del reconocimiento. Moscú, 1967 (en ruso).

BOULDING, K. E.: "General systems theory —the skeleton of science". En *General systems yearbook* 1, 1956.

————————: "General Systems Theory —the skeleton of science" en *General Systems*, vol. I, 1956, pp. 11-17.

BOURBAKI, N.: *Ensayos sobre la historia de la matemática.* Moscú, 1963 (en ruso).

————————: *Elementos de matemática. Libro 3. Topología general. Estructuras fundamentales.* Moscú, 1958 (en ruso).

BRAUTHWAITE, R.: *La explicación científica.* Madrid, 1965.

BRILLOUIN, L.: *La ciencia y la teoría de la información.* Moscú, 1960.

BROWN, CUY B.: *La ciencia, su método y su filosofía,* 1954.

BÜCHLER, Y.: *The concept of method.* Nueva York, 1961.

BUCKLEY, W. (Ed.): "Modern systems research for the behavioral scientist". En *A Source Book.* Chicago, 1968.

————: *Sociology and modern systems theory.* Englewood cliffs. Nueva York, 1967.

BUNGE, MARIO: *Scientific research,* vol. I. *The search for system,* vol. II. *The Search for Truth.* Nueva York, 1967.

BURKS, A. W.: "The logic of causal propositions". En *Mind,* 60 (239), 1951.

BUSTO, EDUARDO H. DEL: *Las teorías modernas de la probabilidad, la probabilidad y la lógica inductiva en Carnap.* Madrid, 1955.

CANAILLES, J.: *Sur la logique et la théorie de la science.* París, 1966.

CARNAP, R.: *Formalization of logic.* Harvard, 1943.

————: *Introduction to semantics.* Harvard, 1942.

————: *Logical syntax of language.* Londres, 1937.

————: *Meaning and necessity, a study in semantics and modal logic.* Chicago, 1947.

————: *Significado y necesidad.* Moscú, 1969 (en ruso).

CARR, E. H.: *¿Qué es la historia?* La Habana, 1969.

CASTELLANOS, JUAN M.: *Sobre la metodología de las ciencias contemporáneas en sus orígenes. Cuatro ensayos preliminares.* San Salvador, 1965.

CLEALAND, D. Y V. KING: *Análisis sistémico y control finalista.* Moscú, 1974 (en ruso).

COGNIOT, G.: *Actualité du "Capital".* París, 1948.
COHEN, M. R. Y NAGEL: *An introduction to the logic and scientific method.* Londres, 1939.

————: *Razón y naturaleza: un ensayo sobre el significado del método científico.* Buenos Aires, 1959.

COLOQUIOS DE ROYAUMONT: *El concepto de información en la ciencia contemporánea.* México, 1966.

COLLINGWOOD, R. G.: *Idea de la historia.* México, 1952.

CORNACCHIO, S. V.: "La estructura tropológica de los modelos matemáticos de los sistemas generales". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973 (en ruso).

CORNFORTH, M.: *Marxism and the linguistic philosophy.* Londres, 1960.

CHAUVINEAU, J.: *La logique moderne.* París, 1960.

CHEPOKOV, M. G.: *La integración de la ciencia (ensayo filosófico).* Moscú, 1975 (en ruso).

CHERKESOV, V. Y.: "Algunas cuestiones de la teoría del concepto en la lógica dialéctica". En *Voprosi Filosofii* Nº 2, 1956.

CHERNIAK, V. S.: "El estructuralismo y la matematización del saber". En *Filosofskie Nauki* Nº 6, 1969.

CHIBANOV, G. P.: *El reconocimiento en los sistemas de autocontrol.* Moscú, 1970 (en ruso).

CHILDE, U. GORDON: *Sociedad y conocimiento.* Madrid, 1958.

CHUDINOV, E. M.: *La naturaleza de la verdad científica.* Moscú, 1977 (en ruso).

CHUPAJIN, Y. Y.: *Problemas de la teoría del concepto.* La Habana, 1964.

CHURCH, A.: *Introducción a la lógica matemática. I.* Moscú, 1960 (en ruso).

CHURCHMAN, C. W.: "The systems appreach". En *Delta Book,* 1968.

DEMIANENKO, A. F.: "Sobre las direcciones metodológicas en la semiótica y la vinculación del pensamiento y el lenguaje". En *El lenguaje y el pensamiento,* Moscú, 1967 (en ruso).

DEWEY, JOHN: *Lógica. Teoría de la investigación,* México, 1950.

———————: *La dialéctica y la lógica del conocimiento científico.* Moscú, 1966 (en ruso).

DIRAC, P.: *Principios de mecánica cuántica.* Moscú, 1960 (en ruso).

DROBNIZKI, O. G.: *El mundo de los objetos reanimados.* Moscú, 1967 (en ruso).

DUCASSE, C. Y.: "Propositions, opinions, sentences and facts". En *Journal of Philosophy* 37, (1940) y 39 (1942).

DURBIN, P. R.: *Philosophy of science: An introduction.* Nueva York, 1968.

DUVERGER, MAURICE: *Métodos de las ciencias sociales.* Barcelona, 1962.

ELLIS D. O. Y F. Y. LUDWIG: *Systems philosophy.* New Jersey, 1962.

EMERY, F. E. (Ed): "Sistems thinning". En Selected Readings. Penguin Books, 1969.

ENGELS, F.: *Anti-Dühring.* La Habana, 1963.

———————: *Dialéctica de la naturaleza.* México, 1961.

ENRÍQUEZ, F.: *Problemas de la lógica.* Madrid, 1947.

———————: *Ensayos sobre la historia y la teoría del desarrollo de la ciencia.* Moscú, 1969 (en ruso).

FALIN, L. N.: "La estructura lógica de la clasificación", En *Filosofskie Nauki* Nº 3, 1971.

FEDOSEEV, P. N.: *Dialéctica de la época actual.* Moscú, 1975 (en ruso).

———————: *La filosofía y las ciencias naturales,* Moscú, 1974 (en ruso).

———————: *El comunismo y la filosofía.* Moscú, 1971 (en ruso).

FERRATER MORA, J.: *Lógica matemática.* México, 1955.

FINN, V. K.: "Acerca de algunos conceptos semánticos para los lenguajes simples". En *La estructura lógica del conocimiento científico.* Moscú, 1965 (en ruso).

FOGARASI, B.: *Logik.* Berlín, 1955.

FOUCAULT, MICHEL: *La arqueología del saber.* México, 1970.

FOUCAULT, MICHEL: *Las palabras y las cosas.* México, 1968.

FRANZUSOVA, N. P.: *La filosofía marxista-leninista como metodología de las ciencias naturales y sociales.* Moscú, 1969 (en ruso).

FROLOV, I. T.: *La ciencia contemporánea y el humanismo.* Moscú, 1974 (en ruso).

———————: "El determinismo orgánico, la teleología y el pensamiento encaminado a un fin en la investigación". En *Voprosi Filosofii* Nº 10, 1970.

———————: *El progreso de la ciencia y el futuro del hombre.* Moscú, 1975 (en ruso).

GAASE-RAPOPORT, M. G.: "La cibernética y la teoría de los sistemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973.

———————: *General Systems Yearbook of the Society for General Systems Research.* Ann Arbor, vol. I. XVIII, 1956-1973.

GERASIMOV, I. G.: *La investigación científica.* Moscú, 1972 (en ruso).

GIBSON, QUENTIN: *La lógica de la investigación social.* Madrid, 1968.

GLUSHKOV, V. M.: *Sobre los fundamentos gnoseológicos de la matematización de las ciencias.* Moscú, 1965 (en ruso).

———————; y E. L. IUSHENKO: "Lenguajes de programación". En *Enciclopedia de la cibernética.* Kiev, 1974.

GOBLOT, E.: *El sistema de las ciencias, lo verdadero, lo inagotable y lo real.* Buenos Aires, 1946.

GODELIER, M.: "Quelques aspects de la méthode du *Capital*". En *Economie et Politique* 80, 1961.

———————: "Les structures de la méthode du *Capital* de Karl Marx". En *Economie et Politique* 70-71, 1960.

GOLOVANOV, V. N.: *Las leyes en el sistema del saber científico.* Moscú, 1970 (en ruso).

GORBOV, F. D. Y V. I. LEBEDIEV: "El hombre en los sistemas técnicos". En *Voprosi Filosofii* Nº 6, 1973.

GOROJOV, V. G.: "Sobre el problema del estudio de la ciencia como sistema". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973.

GORSKI, D. P.: "De la semiótica descriptiva a la semiótica teórica". En *Voprosi Filosofii* Nº 10, 1969.

———————: *Lógica.* Moscú, 1963 (en ruso).

———————: *Problemas de la abstracción y formación de los conceptos.* Moscú, 1961 (en ruso).

———————: *Problemas de la metodología general de las ciencias y de la lógica dialéctica.* Moscú, 1966 (en ruso).

GORTARI, E.: *Introducción a la lógica dialéctica.* México, 1976.

———————: *Lógica general.* México, 1965.

GORUNGA, B.: *El método comparativo en la lingüística histórica.* Moscú, 1954 (en ruso).

GOTT, V. S. Y A. D. URSUL: *La certidumbre y la incertidumbre-categorías del conocimiento científico.* Ed. Znanie, Moscú, 1971 (en ruso).

GREZKI, M. N.: *El estructuralismo francés.* Moscú, 1971 (en ruso).

———————: "El estructuralismo y la predicción científica". En *El futuro de la sociedad humana.* Moscú, 1971 (en ruso).

GRISHKIN, Y. Y.: *El concepto de información. Aspecto lógico-metodológico.* Ed. Nauka. Moscú, 1973 (en ruso).

GROSSLEY, Y. N. Y OTROS: *What is mathematical logic?* Ed. Oxford University Press, 1972.

GRUSHIN, B. A.: *Ensayos sobre la lógica de la investigación histórica.* Moscú, 1961 (en ruso).

GUINDEV, P.: *La Filosofía y el conocimiento social.* Moscú, 1977 (en ruso).

GUIRGUINOV, G.: *Problemas gnoseológicos de la ciencia.* Sofía, 1966 (en búlgaro).

GULIGA, A. V.: "La historia como ciencia". En *Problemas filosóficos de la ciencia histórica.* Moscú, 1969 (en ruso).

HARRE, R.: *An introduction to the logic of science.* Londres, 1960.

HAVEMANN, R.: *Dialéctica sin dogma.* Barcelona, 1967.

HEGEL, F.: *Ciencia de la lógica.* Buenos Aires, 1956.

————: *Filosofía del espíritu.* Madrid, 1907.

————: *Filosofía de la historia universal.* Madrid, 1928.

HEISENBERG, W.: *Física y filosofía.* Moscú, 1963 (en ruso).

HILBERT, D.: *Elementos de lógica teórica.* Madrid, 1962.

————: *Fundamentación de la geometría.* Moscú-Leningrado, 1948 (en ruso).

HOLZKAMP, X.: *Wissenschaft als Handling.* (La ciencia como acción). Berlín, 1968.

HUGHES, G. E. Y M. Y. GRESSWELL: *An introduction to modal logic.* Londres, 1968.

IANG, S.: *La dirección sistémica de las organizaciones.* Moscú, 1972.

IGNATIEV, A. A.: *"El concepto de sistema como medio metodológico.* En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973.

ILIENKOV, E. V.: "La concepción de lo abstracto y lo concreto en la lógica dialéctica y en la lógica formal". En *Dialéctica y lógica. Las formas del pensamiento.* Moscú, 1962 (en ruso).

————: *La dialéctica de lo abstracto y lo concreto en "El Capital" de Marx.* Moscú, 1960 (en ruso).

————: "La lógica de *El Capital*". *En Enciclopedia filosófica,* t. 2. Moscú, 1962.

————: "El problema de lo abstracto y lo concreto según *El Capital* de Marx". En *El Capital de Marx. La filosofía y la época contemporánea.* Moscú, 1968 (en ruso).

————: "El problema de lo abstracto y lo concreto". En *Voprosi Filosofii* Nº 9, 1967.

————: *Lógica dialéctica.* Moscú, 1974 (en ruso).

ILIN, A. Y. E I. T. FRELOV: "Los principios leninistas de investigación del conocimiento científico". En *Voprosi Filosofii* Nº 4, 1970.

IRIBADZAKOV, N.: *Los críticos contemporáneos del marxismo.* Moscú, 1962 (en ruso).

IUDIN, B. G.: "El concepto de integridad en la estructura del saber científico". En *Voprosi Filosofii* Nº 12, 1970.

IVANOV, V. V.: "Las estructuras binarias en los sistemas semiáticos". En *Investigaciones sistémicas, Anuario 1972.* Moscú, 1972.

IVIN, A. A.: "Sobre el análisis lógico de los principios del determinismo". En *Voprosi Filosofii* Nº 10, 1969.

JAROSHEWSKI, T. M.: "El desarrollo por Lenin de la concepción marxista de la práctica y la época actual". En *Voprosi Filosofii* Nº 7, 1969.

JAROSHEWSKI, M. G.: *La psicología del siglo XX. Problemas teóricos del desarrollo de la ciencia psíquica.* Moscú, 1974 (en ruso).

JIGMAN, B.: *Estudio comparativo de los lenguajes de programación.* Moscú, 1974 (en ruso).

KAGAN, M. S.: *La actividad humana.* Moscú, 1975 (en ruso).

KASIMZANOV, A. Y.: "Sobre la interrelación de la teoría y la historia de la dialéctica en los *Cuadernos filosóficos* de V. I. Lenin". En *Voprosi Filosofii* Nº 8, 1970.

KASKOV, N. N.: "La definición teórico-conjuntal del concepto sistema". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1971.* Moscú, 1971.

KAUFMANN, F.: *Metodología de las ciencias sociales.* México, 1946.

KANT, I.: *Filosofía de la historia.* México, 1941.

KASENOV, B.: *La dialéctica de lo individual, lo particular y lo general en* "El Capital" *de C. Marx.* Moscú, 1963 (en ruso).

KEDROV, B. M.: *La clasificación de las ciencias,* t. I: *F. Engels y sus precursores.* Moscú, 1961; t. II: *Desde Lenin hasta nuestros días.* Moscú, 1965.

————: "Una dialéctica de cara al futuro". En *Voprosi Filosofii* Nº 4, 1970.

————: *El desarrollo del concepto de elemento desde Mendeleiev hasta nuestros días.* Moscú, 1948 (en ruso).

————: *Un día de un gran descubrimiento.* Moscú, 1958 (en ruso).

————: "Lenin y la revolución en las ciencias naturales del siglo XX". En *La filosofía y las ciencias naturales.* Moscú, 1969 (en ruso).

————: *V. I. Lenin y los problemas metodológicos de la historia de la ciencia.* Moscú, 1969 (en ruso).

————: "Marx y la unidad de las ciencias naturales y sociales". En *Voprosi Filosofii* Nº 5, 1968.

————: *Lenin y la dialéctica de las ciencias naturales del siglo XX.* Ed. Nauka. Moscú, 1971 (en ruso).

————: *Sobre la teoría marxista de las ciencias naturales.* Moscú, 1968 (en ruso).

————: *El objeto y la interrelación de las ciencias naturales.* 2da. ed. Moscú, 1967 (en ruso).

————: *La unidad de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento.* Moscú, 1963 (en ruso).

————: "Sobre la naturaleza del concepto científico". En *Voprosi Filosofii* Nº 8, 1969.

———————— y OTROS: *Análisis del concepto en desarrollo.* Moscú, 1967 (en ruso).

KEMENY, Y. G. E Y. L. SNELL: *La modelación cibernética,* Moscú, 1972 (en ruso).

KLAUS, G.: *Introducción a la lógica formal.* Moscú, 1960 (en ruso).

————————: "El pensamiento científico y no científico, racional e irracional". En *Filosofskie Nauki* Nº 4, 1971.

KLIBANSKI, R. (ed): *Contemporany philosophy,* vol. II: *Philosophy of science.* Florencia, 1968.

KLIR, G. Y. (ed): *Trends in general systems theory.* Wiley-Interscience. Nueva York, 1972.

KOFLER, L.: *La ciencia de la sociedad. Esbozo de una teoría de la sociología dialéctica.* Madrid, 1968.

KOGAN, A.: "Algunas cuestiones de la metodología de *El Capital* de C. Marx". En *Informes científicos de la Escuela Superior de Ciencias Económicas* Nº 2, Moscú, 1966.

KOLMOGOROV, A. N.: "Teoría de las probabilidades". En *La matemática, su contenido, métodos y significado,* t. II. Moscú, 1956.

————————: "La vida y el pensamiento como formas especiales de la existencia de la materia". En *Sobre la esencia de la vida.* Moscú, 1964.

KOPNIN, P. V.: *La dialéctica como lógica.* Kiev, 1961 (en ruso).

————————: *Los fundamentos lógicos de la ciencia.* Kiev, 1968 (en ruso).

————————: *Introducción a la gnoseología marxista.* Kiev, 1966 (en ruso).

————————: *La hipótesis y el conocimiento de la realidad.* Kiev, 1962 (en ruso).

————————: *Las ideas filosóficas de V. I. Lenin y la lógica.* Moscú, 1969 (en ruso).

————————: *Lenin y la dialéctica materialista.* Kiev, 1969, (en ruso).

————————: "La lógica de la investigación científica y sus conceptos fundamentales". En *Voprosi Filosofii* Nº 3, 1964.

————————: "Lenin, la lógica y la ciencia". En *Voprosi Filosofii* Nº 4, 1970.

KOSLOVSKI, V. E.: "Estructuralismo y materialismo dialéctico". En *Filosofskie Nauki* Nº 1, 1970.

KOSOLAPOV, V. V.: "El hecho como fundamento del saber científico". En *Lógica de la investigación científica.* Moscú, 1965 (en ruso).

KOSTIUK, V. N.: "La teoría de los sistemas como una teoría de relaciones". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1969.* Moscú, 1969.

————————: "Sobre la naturaleza de las conclusiones inductivas". En *Voprosi Filosofii* Nº 7, 1970.

KOVALEVSKI, V. A.: *Los métodos de solución óptima en el reconocimiento de imágenes.* Moscú, 1976 (en ruso).

KRILOV, A. N.: *La matemática aplicada y su significación para la técnica.* Moscú-Leningrado, 1931 (en ruso).

KREMIANSKI, V. Y.: *Los niveles estructurales de la materia viva.* Moscú, 1969 (en ruso).

KUCHER, R. V.: "Los problemas metodológicos del desarrollo de la teoría de la química". En *Voprosi Filosofii* Nº 6, 1969.

KUHN, T.: *The structure of scientific revolution.* Chicago, 1962.

KÜNG, G.: *Ontology and the logistic analysis of language.* 1967.

KUPZOV, V. I. y M. P. TEREJOV: "Sobre la elaboración de los problemas filosóficos de las ciencias concretas". En *Voprosi Filosofii* Nº 4, 1969.

KUZMIN, V. F.: "Lo objetivo y lo subjetivo en el pensamiento científico". En *Filosofskie Nauki* 2, 1971.

KUZMIN, V. P.: "La cualidad sistémica". En *Voprosi Filosofii* Nº 5, 1973.

————————: *Los principios de lo sistémico en la teoría y la metodología de Karl Marx. Ed. Politizdat.* Moscú, 1976 (en ruso).

————————: "Lo sistémico como un peldaño en el conocimiento científico". En *Investigaciones sistémicas, Anuario 1973.* Moscú, 1973.

————————: "Fundamentos sistémicos y estructuras en la metología de Marx". En *Ciencias Sociales* Nº 1, 1979.

————————: "Los fundamentos sistémicos y la estructura en la metodología de K. Marx". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1978.* Moscú, 1978 (en ruso).

KUZNEZOV, B. G.: "La dialéctica de la naturaleza y la dialéctica de *El Capital*". En *Voprosi Filosofii* Nº 11, 1970.

LAJTIN, G. A.: *La táctica de la ciencia.* Novosibirsk, 1969 (en ruso).

LALANDE, A.: *Las teorías de la inducción y de la experimentación.* Buenos Aires, 1944.

LANGE, O.: *Wholes and Parts.* Oxford, 1965.

LAPIN, N. J.: *El joven Marx.* Moscú, 1968 (en ruso).

————————: "Los indicadores sociales en los modelos globales". En *Ciencias Sociales* Nº 1, 1979.

LAPLACE, P.: *Experiencia de la filosofía sobre la teoría de las probabilidades.* Moscú, 1908 (en ruso).

LAZAREV, F.V.: *Sobre la naturaleza de las abstracciones científicas.* Moscú, 1971 (en ruso).

LASZLO, E.: *Introduction to systems philosophy.* Nueva York, 1972.

LEFEBVRE, H.: *Sociologie de Marx.* París, 1966.

LEKTORSKI, V.A.: *El problema del sujeto y el objeto en la filosofía clásica y en la filosofía burguesa contemporánea.* Moscú, 1965 (en ruso).

LEKTORSKI, V.A. y S. MELIUJIN: "Sobre algunas tendencias del desarrollo de la dialéctica materialista". En *Komunist* Nº 1, 1976.

LEKTORSKI, V. A. y N. V. SADOVSKI: "Los principios de investigación de los sistemas". En *Voprosi Filosofii* Nº 8, 1960.

LEKTORSKI, V. A. y V. S. SHUIRIOV: "Problemas filosófico-metodológicos actuales del enfoque sistémico". En *Voprosi Filosofii* Nº 1, 1971.

LENIN, V.I.: "Carlos Marx". En *Obras completas.* Ed. Política, t. 21.

————: "III Congreso de la Internacional Comunista". En *Obras completas.* Ed. Política, t. 32.

————: *Cuadernos Filosóficos.* La Habana, 1964.

————: "Marxismo y revisionismo". En *Obras completas.* Ed. Política.

————: "Materialismo y empiriocriticismo". En *Obras completas.* Ed. Política, t. 14.

————: "Otra destrucción del socialismo". En *Obras completas.* Ed. Política, t. 20.

————: ¿Quiénes son los amigos del pueblo...? En *Obras completas.* Ed. Política, t. 1.

————: "La significación del materialismo militante". En *Obras completas.* Ed. Política, t. 33.

————: "Tareas de las juventudes comunistas". En *Obras completas.* Ed. Política, t. 31.

————: "Tres fuentes y tres partes integrantes del marxismo". En *Obras completas.* Ed. Política, t. 19.

————: "Pensamiento de Lenin sobre la ciencia". Serie *Filosofía* Nº 3, La Habana, 1973.

LEONTIEV, L.A.: *"El Capital" de C. Marx y la época contemporánea.* Moscú, 1968 (en ruso).

LERNER, V.S. y R.I. TRUJAIEV.: *Modelos dinámicos de los procesos de toma de decisiones.* Kishinniev, 1974.

LÉVI-STRAUSS, C.: *Antropología estructural.* La Habana, 1970.

————: *Arte, lenguaje, etnología.* La Habana, 1970.

————: "Criterion of science in the social and humau disciplines". *International Social Science Journal,* vol. XVI, Nº 4, 1964.

————: *El pensamiento salvaje.* México, 1964.

————: *El totemismo en la actualidad.* 1965.

LEVIN, G. A.: *V. I. Lenin y los problemas actuales de la teoría del conocimiento.* Minsk, 1970.

LEWIS, C. I. y C. H. LANGFORD: *Symbolic logic.* Nueva York, 1932.

LIAPUNOV, A. A.: ¿En qué consiste el procedimiento sistémico de estudio de los objetos reales de naturaleza compleja? En *Investigaciones sistémicas, Anuario 1971.* Moscú, 1971.

————: "Los vínculos entre la estructura y el orden de los sistemas de dirección". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973.

————: y S. V. IABLONSKI: "Problemas teóricos de la cibernética". En *Problemi Kibernetiki* Nº 9, Moscú, 1963.

LUCE y RAIFA, P.: *Juegos y soluciones.* Moscú, 1961 (en ruso).

LUKASEVICH, I.: *La silogística aristotélica desde el punto de vista de la lógica formal contemporánea.* Moscú, 1959 (en ruso).

LUNDBERG, G. A.: *Técnica de la investigación social.* México, 1949.

MACLANE, S.: *Categorial algebra and set theory foundations.* American Mathematical Society. Providence, 1971.

MAIZEL, I. A.: El comunismo y la transformación de la ciencia en una fuerza productiva directa. Moscú, 1963 (en ruso).

MAKOVELSKI, A. O.: *Historia de la lógica.* Moscú, 1967 (en ruso).

MAMCHUR, E. A.: "La concepción leninista del conocimiento y el problema de la simplicidad heurística". En *Voprosi Filosofii* Nº 10, 1969.

MANKOVSKI, L. A.: "El carácter teórico-cognoscitivo del método de investigación de *El capital* de C. Marx". En *Ensayos histórico-filosóficos.* Moscú, 1964 (en ruso).

————: "Las categorías en *El capital* de C. Marx". En *La Lógica dialéctica en la ciencia económica.* Moscú, 1962.

MANSILLA, A.: "La primera edición cubana de *El capital.* En *Cuba Socialista* Nº 24, 1963.

MARAVALL, I. A.: *Teoría del saber histórico.* Madrid, 1967.

MARGINEANU, N.: *Natura stintei.* Bucarest, 1968.

MARKARIAN, E. S.: *Sobre la génesis de la actividad humana y la cultura.* Erevan, 1973.

MARKOV, A. A.: *Dirección, información, intelecto.* Moscú, 1976.

MARTÍN, R. M.: *Verdad y denotación.* Madrid, 1962.

MARX, C.: *Manuscritos matemáticos.* Moscú, 1968.

———— y F. ENGELS: *La ideología alemana.* La Habana, 1966.

————: *Marxismo y nuestra época. (el)* Materiales de la conferencia internacional celebrada en Moscú del 23 al 25 de abril de 1968 con motivo del 150 aniversario de Carlos Marx (en ruso).

MAXWELL, G.: *The ontological status of theoretical entities. Minnesota Studies in the Philosophy of Science,* 3, 1966.

MELETINSKI, E. M.: "Claude Lévi-Strauss y la tipología estructural del mito". En *Voprosi Filosofii* Nº 7, 1970.

MELNIKOV, G. P.: "El enfoque sistémico en la lingüística". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1972.* Moscú, 1972.

MERRIL, FRANCIS E.: *Introducción a la sociología.* Sociedad y cultura. Madrid, 1967.

MERTON, R. K.: *Teoría y estructura sociales.* México, 1965.

MESAROVICH, M.: "Los fundamentos de la teoría general de los sistemas". En *La teoría general de los sistemas.* Moscú, 1966 (en ruso).

————: "Systems theory and biology view of a theoretician", Appendix IV. En *Systems theory and Biology.* Nueva York, 1968.

————, D. MACKO e Y. TAKAHARA: *Theory of hierarchical multilevel systems.* Nueva York, 1970.

METLOV, V. I.: "Inductivismo y deductivismo como métodos de análisis de la estructura del saber científico". En *Voprosi Filosofii* Nº 10, 1969.

MIKULINSKI, S. R. y N. I. RODNII: "La ciencia como objeto de investigación especial". En *Voprosi Filosofii* Nº 5, 1966.

MIRSKI, E. M.: "El enfoque sistémico en el estudio de la ciencia". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973.

————: "Las investigaciones interdisciplinarias como objeto de un estudio cienciológico". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1972.* Moscú, 1972.

MOORE, EDWARD F.: "La matemática en las investigaciones biológicas". En *La matemática en el mundo moderno.* Moscú, 1977.

MOROSOV, K. E.: *La modelación matemática en el conocimiento científico.* Moscú, 1969 (en ruso).

MORRIS, CH. W.: *Foundations of the theory of signs.* Chicago, 1938.

———————: *Signs, language and behaviour.* Nueva York, 1946.

———————: *Six theories of mind.* Chicago, 1932.

———————: *Varieties of human value.* Chicago, 1956.

———————: *Significations and significance. A study of the relations of signs and values.* Cambridge, 1964.

MOSES, L. Y G. CHERNOV.: *Teoría elemental de las decisiones estadísticas.* Moscú, 1962.

MOULOUD, N.: "Los métodos estructurales y la filosofía de la ciencia". En *Voprosi Filosofii* Nº 2, 1969.

———————: "El proceso de teorización y las condiciones de la verdad científica". En *Voprosi Filosofii* Nº 12, 1970.

———————: *El estructuralismo contemporáneo. (Reflexiones sobre el método y la filosofía de las ciencias exactas.)* Moscú, 1973 (en ruso).

NAGEL, E.: *La lógica sin metafísica.* Madrid, 1961.

NARSKI, I. S.: *La contradicción dialéctica y la lógica del conocimiento.* Moscú, 1969 (en ruso).

———————: "Hegel y la lógica contemporánea". En *Voprosi Filosofii* Nº 8, 1970.

———————: "La lógica de *El capital* de Marx". En *Noticias de la Universidad de Moscú* 2, 1968.

———————: *El positivismo contemporáneo.* Moscú, 1961.

———————: *El problema de la contradicción en la lógica dialéctica.* Moscú, 1969 (en ruso).

———————: "El problema de la enajenación en las obras de C. Marx. (De los *Manuscritos económico-filosóficos a El capital*). En *Filosofskie Nauki,* 1967.

———————: *Problemas de la dialéctica del conocimiento en "El capital"* de C. Marx. Moscú, 1959 (en ruso).

NAUMENKO, L. K. y G. A. YUGAY: *"El capital" de C. Marx y la metodología de la investigación científica.* Moscú, 1968 (en ruso).

NIKANOROV, S. P.: "El análisis sistémico y el enfoque sistémico". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1971.* Moscú, 1972.

NISANBAEV, A. y G. SLIAJIN: "El papel y la función de las matemáticas en el conocimiento". En *Filosofskie Nauki* 3, 1971.

NOVIK, J. B.: *Sobre la modelación de los sistemas complejos.* Moscú, 1969.

———————: *"La cibernética. Problemas filosóficos y sociológicos.* Moscú, 1963 (en ruso).

NOVIKOV, P. S.: *Elementos de lógica matemática.* Moscú, 1959 (en ruso).

ODUM, Y.: Fundamentos de la ecología. Moscú, 1975 (en ruso).

OIZERMAN, T. I.: *Los peldaños fundamentales de la teoría del conocimiento.* Moscú, 1955 (en ruso).

————: *El materialismo dialéctico y la historia de la filosofía.* Moscú, 1979 (en ruso).

————: *La formación de la filosofía del marxismo.* Moscú, 1962 (en ruso).

————: *Las direcciones filosóficas principales.* Ed. Misl. Moscú, 1971 (en ruso).

————: "Marx, Hegel y la conciencia burguesa contemporánea" (con motivo del 150 aniversario del nacimiento de C. Marx). En *Voprosi Filosofii* Nº 5, 1968.

————: *El problema de la enajenación y la leyenda burguesa sobre el marxismo.* Moscú, 1966 (en ruso).

OLITSKI, A. A.: "El método funcional en la biología y la construcción de objetos idealizados". En *Voprosi Filosofii* Nº 7, 1969.

OMELIANOVSKI, M. E.: *La dialéctica en la física contemporánea.* Ed. Nauka. Moscú, 1973 (en ruso).

ORUDZEV, Z. M.: *La dialéctica como sistema.* La Habana, 1978.

PAJOMOV, B. Y.: "La concepción lenista de la verdad objetiva y la física contemporánea". En *Voprosi Filosofii* Nº 1, 1970.

PAVLOV, T.: "Información, reflejo, creación". En *Obras escogidas,* t. 9. Sofía, 1966 (en búlgaro).

PIAGET, J.: *Le structuralisme.* París, 1968.

PLATONOV, K. K.: *Sobre el sistema de la psicología.* Moscú, 1972 (en ruso).

PODOSBTNIK, V. M.: "El significado gnoseológico de los hechos en el conocimiento de los fenómenos sociales". En *La teoría del conocimiento y la ciencia contemporánea.* Moscú, 1967 (en ruso).

POLIKAROV, A.: *Metodología del conocimiento científico.* Sofía, t. I. 1972; t. II, 1973.

PONOMAREV, S. A.: *La psicología del pensamiento creador.* Moscú, 1969 (en ruso).

————: *La psiquis y la intuición.* Moscú, 1967 (en ruso).

POPPER, K. R.: *La lógica de la investigación científica.* Madrid, 1962.

————: *The logic scientific discovery.* Londres, 1960.

————: *Misère de l'historicisme.* París, 1956.

POSPIELOV, G. S.: *Problemas del análisis y procedimiento de la toma de decisiones.* Moscú, 1976.

PRIBAM, K.: *Los lenguajes del cerebro.* Moscú, 1975.

PUSHKIN, V. M.: *La heurística, ciencia del pensamiento creador.* Moscú, 1967 (en ruso).

PUZIKOV, P. D.: "Sobre el objeto de la lógica dialéctica". En *Filosofskie Nauki* Nº 3, 1974.

QUINE, WILLARD VAN: *Los métodos de la lógica.* Barcelona, 1967.

————: *El sentido de la nueva lógica.* Buenos Aires, 1958.

RABINOVICH, Z.: "Estructura algorítmica de la computadora". En *Enciclopedia de la cibernética.* Kiev, 1974.

RAKITOV, A. I.: *La anatomía del saber científico.* Moscú, 1969 (en ruso).

————: *Curso de conferencias sobre lógica de la ciencia.* Moscú, 1971 (en ruso).

————: "La interpretación estadística del hecho y el papel de los métodos estadísticos en la construcción del saber empírico". En *Problemas de la lógica del conocimiento científico.* Moscú, 1964 (en ruso).

RAL, D. S. y V. S. PIRUMOV: "Fundamentos metodológicos de la toma de decisiones por el hombre". En *La toma de decisiones por el hombre.* Tbilisi, 1967.

RAPOPORT, A.: "Diferentes formas de abordar la teoría de los sistemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1969.* Moscú, 1969.

————: "Mathematical aspects of general systems analysis". En *General systems,* vol. XI, 1966, pp. 3-11.

————: "El principio de isomorfismo matemático en la teoría general de los sistemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973.

REICHENBACH, H.: *Elements of simbolic logic.* Nueva York, 1974.

————: *Moderna filosofía de la ciencia.* Madrid, 1965.

RESNIKOV, L. O.: "El problema del significado de la palabra a la luz de la teoría leninista del reflejo". En *Voprosi Filosofii* Nº 11, 1969.

————: *Problemas gnoseológicos de la semiótica.* Leningrado, 1964.

REVZIN, I. I.: "Sobre la correlación de los enfoques estructurales y sistémicos en la lingüística contemporánea". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1972.* Moscú, 1972.

RICKERT, H.: *Teoría de la definición.* México, 1960.

ROGOVIN, M.S.: "La imagen sensitiva y el pensamiento". En *Voprosi Filosofii* Nº 9, 1969.

ROSEN, R.: *El principio de optimalidad en biología.* Moscú, 1969 (en ruso).

ROSENBLUETH, A. y N. WIENER: "The role of models in science". En *Philosophy of Science,* 12, (4), 1945.

ROSENTAL, M.M.: *La dialéctica de "El Capital" de C. Marx.* Moscú, 1967 (en ruso).

————: *Los principios de la lógica dialéctica.* Moscú, 1960 (en ruso).

RUBASHKIN, V. SH.: "El conocimiento y el lenguaje". En *Voprosi Filosofii* Nº 9, 1970.

RUSSELL, B. y A. WHITEHEAD: *The logic of relations. Logic and knowledge.* Londres, 1956.

————: *Principia Mathematica.* Cambridge, 1925.

RUZAVIN, G.Y.: *Los métodos de la investigación científica.* Moscú, 1974 (en ruso).

SACHKOV, I.V.: "La probabilidad y el desarrollo de las investigaciones sistemo-estructurales". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1969.* Moscú, 1969.

————: *Introducción al mundo probabilístico.* Moscú, 1971.

SADOVSKI, V.N.: "Algunos problemas de principio de la elaboración de la teoría general de los sistemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1971.* Moscú, 1971.

————: "La metodología y la lógica de las investigaciones sistemo-estructurales". En *La dialéctica y las ciencias naturales contemporáneas.* Moscú, 1970.

————: "La metodología de la ciencia y el enfoque sistémico". En *Ciencias Sociales* Nº 1, 1979.

————: "El principio de la sistematicidad, el enfoque sistémico y la teoría general de los sistemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1978.* Moscú, 1978.

————: "Las paradojas del pensamiento sistémico". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1972.* Moscú, 1972.

————: "Los problemas de la teoría general de los sistemas como metateoría". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973.

————: "General systems theory; its tasks and methods of construction". En *General systems,* vol. XVII, 1972, pp. 171-179.

———————: "Los problemas metodológicos de la investigación de objetos que se caracterizan como sistemas". En *La sociología en la URSS.* Moscú, 1965 (en ruso).

SAGATOVSKI, V. N.: *Fundamentos de la sistematización de las categorías universales.* Ed. de la Universidad de Tomsk, 1973 (en ruso).

SCHAFF, A.: *Introduction to semantics.* Oxford, 1962.

———————: *La teoría de la verdad en el materialismo y en el idealismo.* Buenos Aires, 1964.

SÉBAG, L.: *Marxisme et structuralisme.* París, 1964.

SENOKOSOV, I. P.: "La discusión sobre el estructuralismo en Francia". En *Voprosi Filosofii* Nº 6, 1968.

SHANNON, K.: "Algunas tareas de la teoría de la información". En *Trabajos sobre teoría de la información y cibernética.* Moscú, 1963.

SHEMENIEV, G. I.: *Los aspectos filosóficos de la investigación de los sistemas técnicos.* Moscú, 1973 (en ruso).

SHREIDER, I. A.: "Sobre la elaboración de un lenguaje para la descripción de sistemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973.

———————: "La teoría de los conjuntos y la teoría de los sistemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1978.* Moscú, 1978.

SHTOFF, V. A.: *Introducción a la metodología del conocimiento científico.* Leningrado, 1972 (en ruso).

———————: *Problemas de la metodología del conocimiento científico.* Moscú, 1978 (en ruso).

SHVIRIOV, V. S.: *El neopositivismo y los problemas de la fundamentación empírica de la ciencia.* Moscú, 1966 (en ruso).

SIFOROV, V. I.: "Problemas metodológicos de la ciencia de la información". En *Voprosi Filosofii* Nº 7, 1974.

SIMON, H. A.: "The logics of neuristic decision". En *The logics of decision and Action.* Londres, 1967.

SLAVSKAIA, N. P.: *Problemas filosóficos del desarrollo de la ciencia actual.* Moscú, 1974.

SLIUSAREVA, N. A.: "Sobre la situación de signo". En *El lenguaje y el pensamiento.* Moscú, 1967 (en ruso).

SMIRNOV, V. A.: "El método genético para construir una teoría científica". En *Problemas filosóficos de la lógica formal contemporánea.* Moscú, 1962 (en ruso).

SMIRNOVA, E. D. y P. V. TAVANIETS: *"La semántica en la lógica".* En *Semántica lógica y lógica modal.* Moscú, 1967.

SOLODUJIN, I.N.: "El análisis lógico de la ley científica". En *Voprosi Filosofii* Nº 5, 1970.

————————: "Consideraciones sobre las leyes de la naturaleza y su análisis lógico". En *Problemas de lógica y teoría del conocimiento.* Moscú, 1968.

SPECTOR, M.: "Models and theories". En *The British Journal for the Philosophy of Science* 16, 1965.

————————: "Theory and observation". En *The British Journal for the Philosophy of Science* 17, 1966.

STEFANOV, N.: *Los problemas metodológicos del método estructural.* Sofía, 1967 (en búlgaro).

————————: *Teoría y método de las ciencias sociales.* Moscú, 1967 (en ruso).

STEPIN, V. S.: "Génesis de los modelos teóricos de la ciencia". En *Filosofskie Nauki* 3, 1971.

————————: "El problema del objeto y el sujeto en la ciencia experimental". En *Voprosi Filosofii* Nº 1, 1976.

STROBL, W.: *La realidad científica y su crítica filosófica.* Universidad de Navarra, 1966.

STROV, M.I.: *Fundamentos de la organización funcional.* Leningrado, 1972.

STRUIK, DIRK, J.: "Mathematics". En *Philosophy for the future.* Nueva York, 1949.

————————: *Studies in the Foundations of Methodology and Philosophy of Science,* vol. I. Delaware Seminar on the Foundations of Physics. Berlín, 1967.

SUBBOTIN, A.L.: "El sentido y el valor de la formalización en la lógica". En *Problemas filosóficos de la lógica formal.* Moscú, 1962 (en ruso).

SVIDERSKI, V.I.: *Sobre la dialéctica de los elementos y la estructura en el mundo objetivo y en el conocimiento.* Moscú, 1962 (en ruso).

————————: "Sobre el principio del monismo dialéctico en la filosofía". En *Memorias científicas de las cátedras de ciencias sociales de los institutos de enseñanza superior de Leningrado,* Nº IX. Leningrado, 1968 (en ruso).

TAJTADZAN, A.L.: "La tectología: historia y problemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1971.* Moscú, 1972 (en ruso).

TARSKI, A.: *Introducción a la lógica y a la metodología de las ciencias deductivas.* Madrid.

TAUBE, M.: *Las computadoras y el sentido común.* Moscú, 1964.

TAVANETZ, P. V.: "La lógica del conocimiento científico y la lógica formal contemporánea". En *La dialéctica y las ciencias contemporáneas*. Moscú, 1970 (en ruso).

————: "Sobre la veracidad de los conceptos". En *Voprosi Filosofii* Nº 12, 1959.

TIUJTIN, V. S.: *La teoría del reconocimiento automático y la gnoseología*. Moscú, 1976.

————: "El enfoque sistemo-estructural y el carácter específico del saber filosófico". En *Voprosi Filosofii* Nº 11, 1968.

————: *El reflejo, los sistemas y la cibernética*. Moscú, 1972 (en ruso).

TÖRNEBOHM, H.: *"Reflexions on scientific research"*. En *Scientia*, vol. 65, Milán, 1972.

TSIPKIN, I. Z.: *Adaptación y aprendizaje en los sistemas automáticos*. Moscú, 1968.

UEMOV, A. I.: "El análisis lógico de la forma sistémica de estudiar los objetos, y su lugar entre los demás métodos de investigación". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1969*. Moscú, 1969.

————: "Los métodos de construcción y desarrollo de la teoría general de los sistemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973*. Moscú, 1973 (en ruso).

————: "Las premisas ontológicas de la lógica". En *Voprosi Filosofii* Nº 1, 1969.

————: *Los fundamentos lógicos del método de modelos*. Moscú, 1971 (en ruso).

————: *El enfoque sistémico y la teoría general de los sistemas*. Moscú, 1978 (en ruso).

UKRAINTZEV, B. S.: *Las particularidades de los sistemas de autodirección*. Moscú, 1970 (en ruso).

————: *Los sistemas de autodirección y la casualidad*. Moscú, 1972 (en ruso).

———— y A. D. URSUL: "Cibernética y dialéctica materialista". En *Filosofskie Nauki*, Nº 2, 1975.

URLANIS, B.: *Teoría general de la estadística*. Moscú, 1962 (en ruso).

URMANZEV, I. A.: "Ensayo de construcción axiomática de la teoría general de sistemas". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1971*. Moscú, 1971.

URSUL, A. D.: *La naturaleza de la información. Ensayo filosófico*. Montevideo, 1972.

———————: "El problema de la certidumbre de la información científica". En *Actualidades de la información científica.* La Habana, 1971.

———————: *La unión de la filosofía y las ciencias naturales.* Ed. Znanie. Moscú, 1973.

VARIOS AUTORES: *Dialéctica del conocimiento científico.* Ed. Nauka, Moscú, 1978 (en ruso).

———————: *El progreso de la cibernética biológica y médica.* Moscú, 1974 (en ruso).

———————: *El problema del signo y la significación,* Moscú, 1969 (en ruso).

———————: *El proceso de transformación de la ciencia en una fuerza productiva directa.* Materiales del simposium 31 mayo - 1º julio de 1967 (en ruso).

———————: *El problema de los niveles y sistemas en el conocimiento científico.* Minsk, 1970 (en ruso).

———————: *El reconocimiento de imágenes en las investigaciones sociales.* Novosibirsk, 1976 (en ruso).

———————: *El progreso de la cibernética biológica y médica.* Moscú, 1974 (en ruso).

———————: *El análisis estructural-funcional en la sociología actual.* Moscú, 1968 (en ruso).

———————: *Hombre, ciencia, técnica. Ed. Politizdat.* Moscú, 1973 (en ruso).

———————: *Historia y metodología de las ciencias naturales.* Moscú, 1965 (en ruso).

———————: *Interrelación de las categorías.* Sverdlovsk, 1970 (en ruso).

———————: *Investigación de los sistemas lógicos.* Moscú, 1970 (en ruso).

———————: *Investigaciones sobre la teoría general de los sistemas.* Selección de traducciones. Moscú, 1969 (en ruso).

———————: *La concepción de la información y los sistemas biológicos,* Moscú, 1966 (en ruso).

———————: *La revolución científico-técnica contemporánea.* Moscú, 1970 (en ruso).

———————: La teoría del conocimiento y la ciencia contemporánea. Moscú, 1967 (en ruso).

———————: *La síntesis del conocimiento científico contemporáneo.* Moscú, 1973 (en ruso).

———————: *La revolución científico-técnica y el progreso social.* Moscú, 1972 (en ruso).

———————: *Lenin y los problemas metodológicos de la ciencia.* Materiales de la Conferencia Teórica que tuvo lugar en Moscú, del 26 al 27 de febrero de 1970.

———————: *L'Home et la Societé* 7, 1968, (Número especial dedicado al 150 aniversario de Carlos Marx.)

———————: *Lógica de la investigación científica.* Moscú, 1965 (en ruso).

———————: *Los problemas metodológicos del conocimiento científico.* Moscú, 1965 (en ruso).

———————: *Los problemas metodológicos del conocimiento científico.* Gorki, 1970 (en ruso).

———————: *Los problemas metodológicos de la ciencia.* Materiales de la Conferencia Teórica celebrada en Moscú del 24 al 25 de diciembre de 1969.

———————: *Los problemas metodológicos de la ciencia.* Moscú, 1964 (en ruso).

———————: *Los problemas filosóficos del análisis lógico del saber científico.* Erevan, 1969 (en ruso).

———————: *Los problemas gnoseológicos de la formalización.* Minsk, 1969 (en ruso).

———————: "Problèmes du structuralisme". En *Les Temps Modernes* Nº 246, 1966.

———————: "Problems in the Philosophy of Mathematics". *Proceedings of the International Colloquium on the Philosophy of Science,* vol. 1. Amsterdam, 1967.

———————: *Problemas del análisis formal de los sistemas.* Moscú, 1968 (en ruso).

———————: *Problemas del método científico.* Moscú, 1964 (en ruso).

———————: *Problemas de la metodología de la investigación de sistemas,* Moscú, 1969 (en ruso).

———————: *Problemas de la metodología de la investigación sistémica.* Moscú, 1970 (en ruso).

———————: *Problemas metodológicos de las ciencias sociales.* Moscú, 1966 (en ruso).

———————: *Problemas cibernéticos de la biónica.* Moscú, 1972.

———————: "Structuralisme et marxisme". En *La Pensée,* Nº 135, 1967.

———————: *Sociología y matemáticas. La modelación de los procesos sociales.* Moscú, 1970 (en ruso).

VASILIUN, V. A.: "Sobre la cuestión del mecanismo del desarrollo del conocimiento teórico". (Sobre los problemas lógicos en *El capital* y otros trabajos de C. Marx). En *Noticias de Moscú*, Serie 8, Economía y Filosofía 2, 1964.

VAVILOV, S. J.: *Obras escogidas*, t. III. Moscú, 1956 (en ruso).

VEDENOV, M. F. y V. I. KREMIANSKI: *Correlación entre estructura y función.* Moscú, 1966.

VETROV, A. A.: *La semiótica y sus problemas fundamentales.* Moscú, 1968 (en ruso).

VIATKIN, I. S. y A. C. MAMZIN: "La relación de los enfoques funcionales e históricos en el estudio de los sistemas vivos". En *Voprosi Filosofii* Nº 11, 1969.

VINOGRADOV, V. A. y E. L. GUINSBURG: "El sistema, su actualización y descripción". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1971.* Moscú, 1972.

VIZIR, P. J. y A. D. URSUL: *La dialéctica de la certidumbre y la incertidumbre.* Kishiniov, 1976 (en ruso).

VOISHVILO, E. K.: *El concepto.* Moscú, 1967 (en ruso).

———————: "El concepto como forma de pensamiento". En *Voprosi Filosofii* Nº 8, 1969.

———————: "La información semántica. El concepto de información extensional e intensional". En *La cibernética y el conocimiento científico moderno.* Moscú, 1976.

———————: "El intento de una interpretación semántica de los conceptos estadísticos de información y entropía". En *La cibernética al servicio del comunismo.* Moscú, 1966 (en ruso).

VOSS, A.: *La esencia de la matemática.* Moscú-Leningrado, 1923 (en ruso).

WEIZSÄCKER, C.: *La importancia de la ciencia.* Madrid, 1966.

WHEWELL, W.: *Novum Organom Renovatum.* Londres. 1958.

WHORF, B. L.: *Language thought and reality.* Massachussets, 1958.

WRIGHT, G. H.: *The logical problem of introduction.* Oxford, 1957.

YUDIN, B. G.: "El concepto de integridad en la estructura del saber científico". En *Voprosi Filosofii* Nº 12, 1970.

———————: "La naturaleza metodológica del enfoque sistémico". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973.

———————: "El establecimiento y el carácter de la orientación sistémica". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1971.* Moscú, 1972.

———————: "Las ideas sistémicas en el enfoque funcional". En *Investigaciones sistémicas. Anuario 1973.* Moscú, 1973.

YURSIN, L. A.: "Sobre la naturaleza del mecanismo del desarrollo de la ciencia en la etapa actual de la revolución científico-técnica". En *Voprosi Filosofii* Nº 6, 1971.

———————: y E. POLAK (eds.): *Systems theory.* Nueva York, 1969.

ZADEH, L. A.: "Fundamentos de un nuevo enfoque del análisis de los sistemas complejos y de los procesos de toma de decisiones". En *La matemática hoy.* Moscú, 1974.

ZAGORIUKO, N. G.: Los métodos del reconocimiento y su aplicación. Moscú, 1972.

ZOTOV, A. F.: *La estructura del pensamiento científico.* Moscú, 1973 (en ruso).

———————: "La herencia filosófica de V. I. Lenin y el problema del contenido objetivo de las leyes científicas". En *Voprosi Filosofii* Nº 2, 1970.

———————: "Los problemas gnoseológicos de la construcción e interpretación de las teorías físicas generales". En *Voprosi Filosofii* Nº 7, 1969.

ZVORIKIN, A. A.: *La ciencia, la producción, el trabajo.* Moscú, 1965 (en ruso).

Este libro ha sido procesado en el Combinado Poligráfico "Alfredo López" del Ministerio de Cultura, terminado en el mes de octubre de 1985. AÑO DEL TERCER CONGRESO. Ciudad de La Habana.
06-07